MARIANO ARTIGAS

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Segunda edición

Iniciación Filosófica

EUNSA

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

MARIANO ARTIGAS

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Segunda edición



EDICIONES UNIVERSIDAD DE NAVARRA, S.A.
PAMPLONA

Ediciones Universidad de Navarra, S.A. (EUNSA)
Plaza de los Sauces, 1 y 2. 31010 Barañáin (Navarra) - España
Teléfono: +34 948 25 68 50 - Fax: +34 948 25 68 54
e-mail: info@eunsa.es

Primera edición: Octubre 1999
Primera reimpresión: Enero 2006
Segunda edición: Mayo 2009

ISBN: 978-84-313-1729-4
Depósito Legal: NA 1.358-2009

Imprime: GraphyCems, S.L. Pol. San Miguel. Villatuerta (Navarra)

Printed in Spain - Impreso en España

Índice

Capítulo I
Introducción

Aristóteles comienza su *Metafísica* señalando que «todos los hombres desean por naturaleza saber»[1]. Veinticuatro siglos después, en su encíclica *Fides et ratio*, el papa Juan Pablo II reproducía estas palabras y escribía que «Dios ha puesto en el corazón del hombre el deseo de conocer la verdad», añadiendo que «el deseo de verdad pertenece a la naturaleza misma del hombre», e incluso que «se puede definir al hombre como aquél que busca la verdad»[2].

No sólo buscamos saber: buscamos ampliar nuestro saber. Nuestro conocimiento es siempre muy limitado, de modo que cada hallazgo representa un nuevo punto de partida en la búsqueda de un saber que nunca se agota. La historia de la humanidad es testigo de ese afán siempre renovado de saber, que se mueve por el deseo de la verdad y por las repercusiones que el conocimiento tiene para resolver los problemas prácticos.

En la mayoría de los casos, para responder a nuestros interrogantes no bastan los datos proporcionados por la experiencia ordinaria. Es preciso razonar, relacionar datos, extraer consecuencias. Hemos de combinar la información que nos proporcionan los sentidos con el razonamiento que nos lleva más allá de lo que se puede observar directamente. Desde la Antigüedad, se ha dado el nombre de *ciencia* a este tipo de conocimiento que nos lleva más allá de la experiencia ordinaria. En este sentido, *ciencia* significa *conocimiento demostrado*. Se trata de un tipo de conocimiento que nos lleva más allá de la experiencia ordinaria, utilizando *razonamientos*, *pruebas*, *demostraciones*, que nos permiten obtener *conclusiones* a las que no podríamos llegar de otro modo.

Existen muchas ciencias que, si bien comparten las características generales recién mencionadas, difieren ampliamente entre sí: por ejemplo, la biología estudia los vivientes, la física estudia los aspectos básicos de la materia, la matemáti-

1. ARISTÓTELES, *Metafísica*, I, 1, 980 a 21 (edición de V. García Yebra, 2.ª edición revisada, Gredos, Madrid 1987, p. 2).
2. JUAN PABLO II, Carta encíclica *Fides et ratio*, párrafo inicial y nn. 3, 25, 28 y 33.

ca estudia entidades que son construcciones nuestras aunque puedan tener una base en la realidad exterior, la sociología estudia las dimensiones sociales de la conducta humana. Sin embargo, todas las ciencias utilizan *razonamientos* que responden a una misma capacidad humana de conocer. La *filosofía de la ciencia* estudia la naturaleza y el valor del conocimiento científico en general, y también la naturaleza y el valor de cada una de las ciencias o de grupos de ellas: en este caso hablamos, por ejemplo, de *filosofía de la física*, de *filosofía de las ciencias sociales*, o de *filosofía de la matemática*.

Consideraremos a continuación, a modo de introducción, la naturaleza de la filosofía de la ciencia. Nos limitaremos a algunos aspectos esenciales, porque en los dos capítulos siguientes nos referiremos con más amplitud al desarrollo histórico tanto de la ciencia como de la filosofía de la ciencia. Advertimos desde ahora que, para designar a la *filosofía de la ciencia*, con frecuencia se utiliza el término *epistemología*. En efecto, la etimología griega del término «epistemología» deriva de «episteme», que significa «ciencia»: por tanto, «epistemología» significa estudio o tratado acerca de la ciencia, y puede utilizarse como sinónimo de «filosofía de la ciencia».

1. NATURALEZA DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Entendida como conocimiento demostrado que va más allá de la experiencia, la ciencia ha ocupado un lugar central en la vida humana desde la Antigüedad. Sin embargo, en nuestros días la reflexión sobre el valor de la ciencia se encuentra fuertemente condicionada por el desarrollo de las ciencias naturales desde el siglo XVII. Examinaremos a continuación la situación actual, en vistas a determinar qué problemas debe afrontar la filosofía de la ciencia en la actualidad.

1.1. *La importancia de la ciencia en la cultura actual*

Vivimos en una civilización científica. Todos los aspectos de nuestra vida están marcados por el progreso científico. Una gran parte de los conocimientos que utilizamos en nuestra vida ordinaria se basan en ese progreso, que ha cambiado y continúa cambiando las condiciones de nuestra vida, e influye notablemente en el modo de pensar y de valorar las cosas.

El estudio de la naturaleza mediante los métodos de la ciencia experimental moderna ha conseguido un éxito sin precedentes, lo que ha llevado a preguntarse cuál es el secreto de tal éxito, con vistas a impulsar el progreso científico y a extender, si fuera posible, la aplicación de esos métodos a otras áreas.

El calificativo «científico» sugiere que un conocimiento es objetivo, verdadero, riguroso, bien comprobado. En cambio, lo que no es «científico» suele considerarse como subjetivo, como algo que depende de circunstancias cambiantes o

que es poco fiable en general. Parece que todo conocimiento que se presente con pretensiones de objetividad debería ser científico.

Por otra parte, el concepto de «ciencia» suele utilizarse de modo bastante restringido: «ciencia» ha llegado a ser, en la práctica, sinónimo de «ciencia experimental». Pocas veces se aplica el concepto de ciencia a la filosofía o la teología, y se suele pensar que las «ciencias humanas», si quieren progresar, deben utilizar métodos semejantes a los que utiliza la ciencia experimental.

La importancia que tiene la ciencia en nuestra civilización no va acompañada por una comprensión adecuada de su validez. Con frecuencia se da por supuesto que, si algo es «científico», se encuentra perfectamente establecido; pero en la filosofía de la ciencia actual se suele admitir, más bien, que todo conocimiento científico es provisional y revisable, y ni siquiera existe un consenso generalizado entre los diferentes autores acerca del valor de las demostraciones científicas.

Por otra parte, la vida humana resulta fuertemente afectada por los juicios sobre el valor del conocimiento científico. En efecto, qué pensemos sobre la ciencia está muy relacionado con nuestra imagen del conocimiento humano y, por tanto, con nuestras ideas sobre la persona humana. Nuestras ideas sobre muchos problemas prácticos dependen, en gran medida, de nuestras ideas sobre el valor de la ciencia. Nuestra imagen de la ciencia determina en gran parte qué consideramos como objetivo y qué consideramos como subjetivo, y, en definitiva, qué consideramos como razonable y como verdadero. En estas condiciones, la reflexión filosófica sobre la ciencia resulta imprescindible para responder a interrogantes que ocupan un lugar central en la civilización actual.

Estos problemas no son, sin embargo, fáciles. Desde el comienzo de la ciencia experimental moderna en el siglo XVII se planteó cuál era el valor y el alcance de la nueva ciencia, y esta pregunta condujo a dificultades notables. Basta pensar en los problemas de Galileo hace cuatro siglos. Galileo trabajó principalmente en dos ramas de la ciencia: por una parte, la astronomía, y por otra, la mecánica. Realizó contribuciones muy importantes a la astronomía, sobre todo cuando, a partir de 1609, gracias al telescopio, pudo observar fenómenos nunca vistos hasta entonces, tales como las irregularidades de la Luna, los satélites de Júpiter, las fases de Venus y las manchas del Sol. Utilizó esos descubrimientos para defender la teoría heliocéntrica de Copérnico, que había sido publicada en 1543. Sin embargo, aunque sus descubrimientos proporcionaban argumentos importantes para criticar algunas partes de la física aristotélica, generalmente aceptada en su época, Galileo no disponía de pruebas concluyentes en favor de la teoría heliocéntrica. Esto explica, en parte, las incomprensiones que hubo de sufrir. Ni los filósofos ni los teólogos de la época deseaban abandonar la experiencia ordinaria, que parece mostrar que la Tierra está quieta y que el Sol, los planetas y las estrellas giran en torno a ella. Esas incomprensiones le llevaron a un proceso que nunca se debió producir, cuando publicó, en 1632, su *Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo*. Sin duda, en la condena de Galileo en 1633 influyeron factores

personales de diversos tipos, pero esa condena fue posible porque existía un problema muy difícil que no estaba resuelto: en concreto, cuál era el alcance de la nueva ciencia.

Galileo nunca estuvo en prisión ni sufrió malos tratos físicos. Cuando fue condenado tenía 69 años, y la condena a prisión fue conmutada por arresto domiciliario en su finca en las afueras de Florencia, donde siguió trabajando hasta su muerte, en 1642, a los 78 años de edad. Y fue en esa época cuando, continuando trabajos ya antiguos, completó y publicó sus *Discursos y demostraciones en torno a dos nuevas ciencias*, donde expuso sus logros en la mecánica. Estos logros tuvieron un papel de primer orden en el desarrollo de la nueva física que estaba naciendo, en la que se relacionaban la mecánica y la astronomía. Pero se trataba de cuestiones difíciles. Galileo suscitó con frecuencia entusiasmo, más por su personalidad y su estilo brillante que por su ciencia, que muy pocos comprendían. El mismo Galileo, a pesar de su gran talento, no podía, en su época, medir el alcance de los trabajos que estaba realizando.

La tarea es mucho más compleja en la actualidad, cuando contamos con un gran número de disciplinas científicas, muy diferentes entre sí, que han logrado un enorme grado de desarrollo. Y sigue siendo tan importante o más que en la época de Galileo, porque gran parte de los problemas humanos se encuentran mezclados con nuestras ideas sobre el alcance y el valor del conocimiento científico.

Hacia 1960, C. P. Snow describió de modo vivo el contraste entre lo que él denominó «las dos culturas», o sea, la científica y la literaria, subrayando y lamentando las profundas diferencias que existen entre los intelectuales de uno y otro ámbito[3]. Esa diferencia sigue existiendo en la actualidad y, de algún modo, se ha hecho todavía mayor, porque el progreso científico provoca una especialización creciente. Sin embargo, desde las últimas décadas del siglo XX se ha generalizado un fenómeno de gran importancia; concretamente, la publicación de libros que alcanzan gran difusión, escritos por científicos que intentan no sólo divulgar, sino también presentar sus reflexiones filosóficas e incluso teológicas en torno a los progresos de los diferentes ámbitos de la ciencia. Se ha bautizado este fenómeno como «la tercera cultura»[4]. A pesar de la dificultad de los temas que suelen tratarse en esas publicaciones, el interés que suscitan es notable, lo cual muestra la importancia de la ciencia en la sociedad actual y el interés que tiene, en consecuencia, su adecuada comprensión, que es la tarea propia de la filosofía de la ciencia.

3. C. P. Snow, *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Cambridge University Press, Cambridge 1959.

4. J. Brockman, *La tercera cultura: más allá de la revolución científica*, Tusquets, Barcelona 1996.

1.2. *El estudio filosófico del conocimiento científico*

El enorme progreso de la ciencia experimental desde el siglo XVII no ha ido acompañado por un progreso semejante en la comprensión de su naturaleza. Más bien lo contrario es cierto. La filosofía de la ciencia ha sido, desde el siglo XVII, objeto de atención esporádica por parte de los científicos, cuyo trabajo suele resultar muy absorbente y requiere una actitud bastante diferente de la que se necesita en filosofía. Los científicos se han ocupado de la reflexión filosófica sobre la ciencia sólo de modo ocasional y, a veces, no muy afortunado. Por su parte, los filósofos han estudiado la ciencia, con demasiada frecuencia, a la luz de intereses e ideas filosóficos que poco tienen que ver con la ciencia y que han conducido, con frecuencia, a imágenes deformadas de la ciencia.

Las dificultades que han experimentado tanto los científicos como los filósofos para proponer una imagen adecuada de la ciencia se deben, en parte, a tres escollos reales, que son independientes de la voluntad de los diversos autores. En primer lugar, *las polémicas que han acompañado al desarrollo de la ciencia han distorsionado la imagen de la ciencia*. La ciencia experimental moderna se desarrolló sistemáticamente a partir del siglo XVII en un contexto polémico, ya que se presentaba como un nuevo tipo de saber que exigía una nueva valoración de muchas ideas que hasta entonces se tenían por bien establecidas. Y las polémicas no cesaron con el paso del tiempo; en ocasiones se han hecho todavía más fuertes. No puede extrañar que, dentro del fragor de esas polémicas, se hayan deformado los hechos. Por ejemplo, a veces se ha afirmado que la ciencia no dejaba lugar para otros tipos de conocimiento, sin advertir que esa posición es un «cientificismo» insostenible porque es contradictorio; en efecto, no es una conclusión de ninguna ciencia, por lo cual carece de valor de acuerdo con lo que esa misma posición establece. Por el otro extremo, en ocasiones se minusvalora la ciencia experimental como si sólo proporcionara herramientas útiles para el dominio de la naturaleza, olvidando que nos permite conocer muchas verdades y que nuestros conocimientos actuales sobre la naturaleza se deben, en gran medida, al progreso de las ciencias.

En segundo lugar, *el desarrollo de las ciencias se ha realizado de modo muy fragmentario, y la filosofía de la ciencia ha estado, en las diferentes épocas, demasiado condicionada por los logros parciales conseguidos hasta el momento*. En los comienzos de la revolución científica del siglo XVII se desarrollaron la astronomía y la mecánica, que están estrechamente relacionadas entre sí, y sólo cuando se dispuso de algunos conocimientos básicos sobre la constitución y el comportamiento del mundo físico fue posible progresar en otras áreas de la física, en la química (que supone conocimientos de la física), y en la biología (que supone la física y la química). La filosofía de la ciencia ha estado, con demasiada frecuencia, excesivamente centrada en los logros particulares de cada momento. Por ejemplo, el desarrollo sistemático de la ciencia experimental a partir del siglo XVII comenzó por la mecánica, y fue acompañado desde el co-

mienzo por una filosofía mecanicista que ha ejercido una enorme influencia durante más de dos siglos. El mecanicismo reduce la naturaleza al movimiento y al choque de porciones de materia. Aunque proporciona una imagen demasiado parcial de la naturaleza, sólo a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando el progreso de la biología ha permitido conseguir una imagen del mundo mucho más completa, la filosofía de la ciencia se ha liberado de las ataduras mecanicistas.

Ahora nos encontramos en unas circunstancias muy ventajosas que permiten superar esas dos dificultades. Las polémicas entre ciencia y filosofía se han apaciguado, porque en ambos campos se ha adquirido una mayor conciencia de los límites y de la complementariedad de ambas perspectivas. Y el gran desarrollo de las diferentes disciplinas científicas proporciona en la actualidad una imagen del mundo mucho más unitaria y coherente que en épocas anteriores.

Existe, además, un tercer factor que hasta una época reciente ha obstaculizado el progreso en la filosofía de la ciencia. Se trata de *la mentalidad positivista*, que ha condicionado el desarrollo de la filosofía de la ciencia en la segunda mitad del siglo XIX y en la primera del siglo XX. Hemos recordado que, hasta el siglo XX, la filosofía de la ciencia fue sólo una ocupación esporádica de algunos científicos y filósofos. La situación cambió cuando, a finales de la década de 1920, los miembros del Círculo de Viena desplegaron una intensa actividad que provocó el desarrollo de la filosofía de la ciencia como una disciplina nueva, tal como, desde entonces, se viene cultivando. Pero el Círculo de Viena impuso un lastre muy pesado a la nueva disciplina. Debido a sus prejuicios positivistas y antimetafísicos, heredados del positivismo del siglo XIX, los miembros del Círculo, que suelen ser designados como «neo-positivistas», afirmaban que una de las tareas principales de la naciente filosofía de la ciencia era mostrar que la metafísica en general, y todo lo que tuviera que ver con ella (especialmente la teología), era algo ya superado por el progreso científico. Este cientificismo llevó a callejones sin salida, porque respondía a problemas mal planteados y, por tanto, conducía a soluciones erróneas: por ejemplo, conducía a proponer imágenes de la ciencia que, para servir a los objetivos positivistas, tenían que deformar la ciencia tal como existe en la realidad. Esta situación ha sido, en gran parte, superada, porque se ha comprobado que la mentalidad positivista y cientificista no responde a lo que la ciencia es en realidad.

En la actualidad, aunque existen residuos de la mentalidad positivista, nos encontramos con unas circunstancias que resultan favorables para plantear de modo objetivo los problemas sobre el valor y el alcance del conocimiento científico. Además, se han multiplicado los estudios en torno a la ciencia no sólo desde el punto de vista de la lógica, que es la perspectiva más tradicional en filosofía de la ciencia, sino también desde el punto de vista de la historia y de la sociología, que aportan datos importantes para situar la actividad científica en su contexto real.

Otra dificultad que suele plantearse a la filosofía de la ciencia se refiere a sus objetivos. En efecto, podría parecer que quienes trabajan en filosofía de la ciencia pretenden dictar a los científicos, desde una instancia ajena a la ciencia, cómo deberían comportarse o qué métodos deberían utilizar o cuál es el valor de sus resultados. Los científicos, como es natural, no ven con buenos ojos pretensiones de ese estilo. Pero esto no significa que la filosofía de la ciencia no sea necesaria. Significa, simplemente, que sus objetivos no deben dirigirse hacia una especie de imperialismo del conocimiento que carecería de sentido. La ciencia posee su propia autonomía. La reflexión filosófica sobre la ciencia debe respetar esa autonomía. Para comprender la naturaleza y el alcance de la ciencia es necesaria la reflexión filosófica, pero la filosofía debe respetar la justa autonomía de cada ciencia.

Para delimitar el valor y el alcance de la ciencia, y situarla en el contexto más amplio de la cultura humana, resulta imprescindible una reflexión de tipo filosófico, ayudada, además, por estudios de historia y de sociología. El motivo es que todas las disciplinas científicas se dirigen hacia algún objeto particular, adoptando una perspectiva concreta, de modo que la reflexión sobre su valor y sus relaciones con otros aspectos de la vida humana exigen situarse fuera de la ciencia en cuestión. Por supuesto, la reflexión sobre la ciencia puede ser realizada por los científicos, e incluso parece deseable que así suceda. Pero, en tal caso, el científico no realiza un trabajo puramente científico; más bien reflexiona filosóficamente sobre su ciencia.

El caso de la filosofía es diferente, precisamente porque la perspectiva filosófica se extiende hasta el estudio de las dimensiones más radicales de todos los objetos, incluyendo la propia reflexión filosófica. Por este motivo, aunque las disciplinas filosóficas tengan, de algún modo, un carácter científico, ya que proceden razonando desde premisas hasta conclusiones, sin embargo tienen también, en diversos grados, un carácter «sapiencial» que trasciende el nivel propiamente científico. Esto vale especialmente en el caso de la metafísica, que se ocupa de las dimensiones radicales de la realidad, y por tanto debe estudiar los fundamentos últimos del conocimiento humano.

1.3. *Temas y método de la filosofía de la ciencia*

Dos son los temas principales de la filosofía de la ciencia. De una parte, la determinación de la naturaleza de la ciencia, y de otra, el estudio de su valor.

La determinación de la naturaleza de la ciencia es una tarea principalmente descriptiva, al menos en aquellas ramas de la ciencia que se encuentran bien establecidas. Cuando una rama científica todavía no se ha establecido con claridad, es inevitable que se produzcan discusiones filosóficas en torno a su posible método. Algo semejante ocurre también cuando, dentro de una rama bien consolidada de la ciencia, se proponen perspectivas nuevas.

Sin embargo, *cualquier descripción de la ciencia supone interpretaciones y valoraciones*. La ciencia experimental, en torno a la cual gira la filosofía de la ciencia, es una realidad muy compleja; por tanto, cualquier descripción, por muy ajustada que se encuentre a la ciencia tal como se da en la realidad, necesariamente se basará en esquemas e interpretaciones que no son el resultado de una simple recolección de datos.

La determinación del valor de la ciencia es una tarea principalmente filosófica. Sin duda, debe incluir análisis objetivos de los procedimientos empleados, pero exige adoptar una *perspectiva meta-científica*, que se sitúa más allá de la ciencia. Sólo así puede estudiarse la ciencia como un objeto de análisis. Como ya se ha advertido, esta tarea puede (y probablemente debería) ser realizada también por los científicos; pero, al hacerlo, deben adoptar una perspectiva que sale fuera de los procedimientos habitualmente empleados en sus disciplinas, porque no existe otro modo de analizar el valor de esos procedimientos y de los resultados que mediante su aplicación se obtienen.

La necesidad o la posibilidad de adoptar una perspectiva meta-científica para estudiar la ciencia es negada por quienes proponen una *epistemología naturalizada*, que consiste en estudiar la ciencia utilizando métodos idénticos a los que se utilizan en la ciencia misma; en esta perspectiva, la ciencia es considerada como cualquier otro objeto de estudio. Por ejemplo, Ronald N. Giere ha formulado una propuesta de este tipo, afirmando que «el estudio de la ciencia debe ser, él mismo, una ciencia. La única filosofía de la ciencia viable es una filosofía de la ciencia naturalizada»[5]. Esta afirmación es una consecuencia de que, según este autor, «no existen métodos filosóficos especiales para sondear las profundidades teóricas de ninguna ciencia. Sólo existen los métodos de las ciencias mismas»[6].

Giere considera su perspectiva como un paso hacia una nueva disciplina que todavía no existe. Esa nueva disciplina sustituiría a los estudios actuales de filosofía de la ciencia, concentrándose en estudios específicos acerca del desarrollo efectivo de la ciencia. En 1979 Giere ya había publicado un libro dedicado a analizar aspectos concretos del trabajo científico, intentando ayudar a los lectores a desarrollar capacidades críticas para comprender y evaluar los relatos de los hallazgos científicos[7].

Giere subraya un punto importante cuando propone que la epistemología debería estudiar el desarrollo efectivo de las ciencias; de hecho, sólo un estudio de ese tipo puede proporcionar la base necesaria para la reflexión filosófica. La descripción de la ciencia tal como existe en la realidad es un primer paso impres-

5. R. N. GIERE, «Philosophy of Science Naturalized», *Philosophy of Science*, 52 (1985), p. 355.
6. Íd., *Explaining Science. A Cognitive Approach*, The University of Chicago Press, Chicago 1988, p. xvi.
7. Íd., *Understanding Scientific Reasoning*, Holt, Rinehart and Winston, New York 1984.

cindible para la filosofía de la ciencia. Pero la posición de Giere implica un peligro de reduccionismo en la medida en que parece afirmar que no existe una racionalidad diferente de la que se emplea en la ciencia experimental. Algo semejante sucede con otras propuestas que pretenden «naturalizar» la epistemología (la posición de Giere es solamente un ejemplo concreto de tales propuestas).

En efecto, existe el peligro de «reduccionismo» cuando se considera a la ciencia experimental como el único conocimiento válido de la realidad, o por lo menos como el paradigma que debería ser imitado por cualquier pretensión cognoscitiva. En tal caso, efectivamente, para estudiar la naturaleza y el valor de la ciencia debería utilizarse el mismo método que emplea la ciencia misma. Sin embargo, no es difícil advertir que la ciencia experimental se basa sobre una racionalidad humana más amplia que hace posible la existencia y el progreso de la ciencia misma.

El método utilizado por la filosofía de la ciencia debe ser un método propiamente filosófico. Para determinar la naturaleza y el valor de la ciencia es necesario colocarse fuera de la ciencia misma y ejercitar una reflexión estrictamente filosófica, aunque esta reflexión deberá utilizar el material proporcionado por los estudios históricos, sociológicos y de cualquier otro tipo que proporcionen una buena base para el estudio filosófico de la ciencia.

Las consideraciones precedentes adquieren una importancia todavía mayor cuando advertimos que la filosofía de la ciencia no sólo se ocupa de la ciencia experimental, sino también de las ciencias humanas, y de las relaciones de todas estas ciencias con la filosofía. Resultaría imposible realizar estas tareas sin adoptar un enfoque filosófico. El análisis de los diferentes tipos de ciencias, la determinación de su validez, y el estudio de sus relaciones con otros ámbitos de la vida humana, exigen adoptar una perspectiva metafísica acerca de la naturaleza del conocimiento humano.

A veces se plantea la dicotomía entre una epistemología *descriptiva*, que se limitaría a describir cómo proceden de hecho los científicos, y una epistemología *normativa*, que establecería las pautas que deberían seguir. En este contexto, se comprende que quienes desean defender la autonomía de las ciencias sostengan que la epistemología sólo puede ser descriptiva. Sin duda, no es tarea de la filosofía de la ciencia establecer, desde fuera, normas que deban seguir los científicos. Cada ciencia tiene su propio nivel de autonomía y sus propios criterios de validez que, como es lógico, son aplicados por los científicos de cada área mejor que por personas ajenas a ese trabajo. Además, una buena filosofía de la ciencia deberá contar, como base indispensable, con una buena descripción de los procedimientos y resultados de las ciencias. Sin embargo, para determinar la naturaleza y validez de la ciencia es necesario algo más que una simple descripción: es preciso adoptar una perspectiva propiamente filosófica. Lo cual no significa, en absoluto, que la filosofía pueda imponer a la ciencia, desde fuera, normas que interfieran con su legítima autonomía.

La filosofía adopta una perspectiva general en la que nos preguntamos por el ser y el significado de todo lo que existe en la realidad, mientras que las ciencias adoptan perspectivas particulares. Por eso, las disciplinas estrictamente filosóficas, aunque adopten métodos científicos, tienen un cierto carácter «sapiencial» en el sentido clásico del término «sabiduría», según el cual es propio de la sabiduría considerar las diferentes realidades ordenándolas según sus relaciones mutuas y su relación con el fin último del hombre.

Si tenemos en cuenta que la ciencia es un tipo específico de conocimiento, concretamente un *conocimiento demostrado* por el que trascendemos la experiencia ordinaria mediante pruebas racionales, la filosofía de la ciencia será una parte de la filosofía del conocimiento, la cual suele ser considerada, a su vez, como una parte de la metafísica. En efecto, el conocimiento humano posee dimensiones espirituales, que le permiten, precisamente por su carácter espiritual, reflexionar sobre sí mismo, y por este motivo la filosofía del conocimiento viene a ser una parte de la metafísica, que estudia el ser en toda su generalidad y el conocimiento humano en cuanto se extiende potencialmente a todo el ser.

El conocimiento humano no se limita a lo sensible. De hecho, la ciencia experimental es una de las pruebas más convincentes de la capacidad humana para trascender lo sensible y remontarse, a través de razonamientos muy sofisticados, hasta la existencia y propiedades de realidades que, aunque sean materiales, se encuentran muy alejadas de las posibilidades de observación inmediata. La existencia de la ciencia experimental supone que poseemos capacidades que nos sitúan muy por encima del resto de los seres naturales: la capacidad de conocer la verdad, de expresarla, de saber que la conocemos, de progresar en su conocimiento mediante argumentos. *La filosofía de la ciencia incluye el estudio de estas capacidades de conocimiento y, por tanto, pertenece a la filosofía en sentido estricto, y se relaciona con la metafísica.*

La filosofía de la ciencia se relaciona con la *historia de la ciencia*, que estudia el desarrollo histórico de las ciencias, y con la *sociología de la ciencia*, que se ocupa de la ciencia como actividad humana ejercida en el ámbito de comunidades que poseen peculiaridades propias. En nuestra época asistimos a un desarrollo notable de la historia y de la sociología de la ciencia. Sin duda, constituyen una base necesaria para obtener una imagen fiel de la ciencia tal como existe en la realidad, y deben ser tenidas muy en cuenta en la filosofía de la ciencia. Pero no pueden sustituir a la reflexión filosófica, que se pregunta por la naturaleza y el valor de la ciencia.

Tanto las ciencias experimentales como las ciencias humanas poseen dos dimensiones distintas aunque estrechamente relacionadas: la dimensión *cognoscitiva* y la dimensión *práctica*. Dicho en otras palabras: las ciencias buscan un conocimiento que, si bien tiene un valor por sí mismo, puede servir como base para aplicaciones prácticas. Por tanto, es tarea de la filosofía de la ciencia estudiar ambos aspectos. Tradicionalmente la epistemología se ha ocupado, sobre todo, de

los problemas relacionados con el conocimiento, pero en la actualidad cada vez se ocupa más de los aspectos relacionados con las dimensiones prácticas, y especialmente con los valores. Los problemas relacionados con los valores tienen una enorme importancia en la vida humana, y es lógico prestarles gran atención. No obstante, la ciencia es, ante todo, un tipo de conocimiento, y por tanto, para determinar rigurosamente su naturaleza e incluso su relación con los valores, es necesario determinar su valor como conocimiento. El estudio de la relación entre la ciencia y los valores nunca debería suponer el olvido de los problemas relacionados con el conocimiento, que es el aspecto central de la ciencia.

En los capítulos que siguen nos ocuparemos, en primer lugar, de dos cuestiones que, de algún modo, continúan esta Introducción. A ellas se dedican los capítulos II y III. En el capítulo II, titulado «El desarrollo histórico de la ciencia», presentaremos un resumen del desarrollo de las diferentes ramas de la ciencia; no pretendemos, obviamente, sintetizar lo que podría ocupar cientos de páginas, sino presentar algunos hitos fundamentales, acompañados de la oportuna reflexión filosófica, de modo que se facilite la ulterior reflexión epistemológica. En el capítulo III, titulado «La reflexión filosófica sobre la ciencia», expondremos un panorama del desarrollo de la filosofía de la ciencia, deteniéndonos especialmente en las corrientes más influyentes en la época contemporánea.

El resto de los capítulos contienen el núcleo de nuestra reflexión filosófica. En el capítulo IV, titulado «Naturaleza de la ciencia», intentaremos delimitar los objetivos generales de la ciencia, las ramificaciones de la ciencia en función de objetivos más particulares, y las relaciones entre los diferentes tipos de ciencia. En el capítulo V, titulado «El método de las ciencias», analizaremos los aspectos principales del método científico. El capítulo VI, titulado «Las construcciones científicas», está dedicado a estudiar los resultados a los que conduce la aplicación del método científico. Finalmente, en el capítulo VII, titulado «El valor de la ciencia», estudiaremos las tres cuestiones fundamentales de la filosofía de la ciencia: la verdad científica, la relación entre ciencia y filosofía, y la relación entre ciencia y valores.

Capítulo II
El desarrollo histórico de la ciencia

La ciencia experimental moderna se desarrolló sistemáticamente a partir del siglo XVII en la Europa cristiana, y su progreso ha contribuido a crear nuevas circunstancias sociológicas y culturales que influyen de modo decisivo en la civilización actual. En este capítulo nos referiremos, en primer lugar, a la situación de la ciencia antes del siglo XVII (apartado 2), examinaremos después el origen y el desarrollo de la ciencia moderna a partir del siglo XVII (apartado 3), y aludiremos a las nuevas situaciones que se han creado a raíz de las principales revoluciones científicas del siglo XX (apartado 4).

2. Elementos científicos en la Antigüedad

En culturas antiguas como las de Babilonia y Egipto se realizaron algunos avances científicos, pero solamente en Grecia encontramos un primer desarrollo de ideas que pueden considerarse precursoras de la ciencia experimental en sentido moderno. En palabras de William C. Dampier: «En los documentos de Babilonia y del antiguo Egipto encontramos cierta estructuración de conocimientos empíricos: unidades y reglas de medición, aritmética elemental, calendario del año, comprobación de la periodicidad de ciertos acontecimientos astronómicos y hasta de los eclipses. Pero los primeros que sometieron esos conocimientos al análisis racional y trataron de establecer las relaciones causales que los enlazaban, y, en realidad, los primeros que crearon ciencia, fueron los griegos, y en concreto los filósofos naturalistas de Jonia» [1]. Por este motivo, centraremos nuestra atención en la ciencia griega y en su influencia posterior, analizando, a continuación, la síntesis que se realizó en la Edad Media entre ciencia, filosofía y teología.

1. W. C. Dampier, *Historia de la ciencia*, Tecnos, Madrid 1972, pp. 17-18.

2.1. *Origen histórico de las ciencias en Grecia*

Ciencia y filosofía fueron de la mano en sus orígenes. En la antigüedad se carecía de instrumentos precisos de observación y no se había desarrollado el método científico moderno, de modo que, por lo general, los fragmentos de ciencia empírica se encontraban mezclados con reflexiones de tipo filosófico y, con frecuencia, con especulaciones de dudoso valor. En esas circunstancias, el carácter especulativo de los griegos les llevó a plantear problemas y a proponer soluciones que fueron marcando el camino hacia la ciencia moderna. Comentaremos ahora algunos de esos logros, debidos tanto a los griegos como a autores de la época helenística antigua.

Entre los problemas y soluciones que sirvieron para marcar pautas generales sin llegar a soluciones correctas puede mencionarse, de modo especial, la búsqueda de una teoría sobre la constitución de la materia. Los presocráticos se plantearon este problema y aportaron soluciones que, si bien eran diferentes y ninguna de ellas puede considerarse acertada, establecieron un camino que ya nunca se interrumpiría y que, en la época moderna, condujo a resultados satisfactorios. Ni el agua, tal como propuso Tales, ni los cuatro elementos de Empédocles, ni siquiera los átomos de Leucipo y Demócrito pueden considerarse como soluciones correctas; sin embargo, establecieron una línea de investigación que no se interrumpió y que condujo, en la época moderna, a conocimientos bien establecidos sobre la composición de la materia, que correspondían en parte a las intuiciones cualitativas de los antiguos, tal como sucede especialmente en el caso de la teoría atómica.

Hay que destacar, entre los resultados bien establecidos, los debidos al trabajo de Arquímedes (hacia 287-212 a.C.), quien es considerado como el científico más importante de la Antigüedad. Puede decirse que es el creador de la mecánica: además de enunciar el principio que lleva su nombre, estudió con detalle el principio de la palanca y desarrolló ideas sobre el centro de gravedad. Sus obras se tradujeron al latín en 1544 y sirvieron como inspiración a pioneros de la ciencia moderna como Stevin y Galileo. También obtuvo importantes resultados en las matemáticas.

Los pitagóricos insistieron en la importancia de la matemática para estudiar la naturaleza. Advirtieron que la Tierra es esférica y propusieron que la rotación diurna de los cielos podía explicarse de modo más sencillo suponiendo que es la Tierra la que gira en torno a sí misma. Eratóstenes (hacia 276-196 a.C.), sobre la base de la experiencia y el razonamiento, propuso una medida bastante aproximada del tamaño de la Tierra (de la longitud de la circunferencia terrestre). En el ámbito de la astronomía, Eratóstenes calculó con notable exactitud el ángulo que forma el eje de la Tierra con el movimiento aparente del Sol (la oblicuidad de la eclíptica). Ecfanto, uno de los últimos pitagóricos, propuso que la Tierra giraba en torno a su propio eje. Aristarco (hacia 320-250 a.C.), para explicar la aparente inmovilidad de las estrellas, afirmó acertadamente que deben encontrarse a dis-

tancias enormes de nosotros; además propuso un método correcto para determinar la relación entre las distancias del Sol y de la Luna a la Tierra, aunque no logró medidas correctas por falta de instrumentos adecuados, y concluyó que la Tierra gira alrededor del Sol. Sin embargo, se impuso durante siglos la teoría geocéntrica que asociaba los planetas y las estrellas a esferas que giraban alrededor de la Tierra; esta teoría fue propuesta por Eudoxo hacia el año 370 a.C., fue desarrollada por Hiparco hacia el año 130 a.C., y recibió de Tolomeo, hacia los años 127-151 d.C. su forma definitiva que iba a durar hasta que, en el siglo XVI, Copérnico propuso su teoría heliocéntrica.

Aristóteles se ocupó de muchas cuestiones científicas, y consiguió resultados importantes en el ámbito de la biología. Sus estudios sobre los animales han servido de base para los estudios científicos posteriores, y en algún caso constituyen ejemplos de aplicación rigurosa del método experimental: por ejemplo, su estudio del desarrollo del embrión de pollo[2]. Sin embargo, en física experimental y en astronomía sus ideas dejaban mucho que desear, aunque no se le puede culpar de que algunos aristotélicos del Renacimiento, muchos siglos más tarde, todavía las defendieran y se opusieran a los resultados obtenidos mediante nuevos métodos. Además, la física de Aristóteles sirvió como base de las discusiones medievales y, en este sentido, incluso sus errores sirvieron para que se formulasen nuevas ideas que proporcionaron la base de la nueva ciencia del siglo XVII.

El enorme impulso que experimentó el pensamiento en la Grecia antigua incluyó un notable desarrollo de la filosofía, la lógica, las matemáticas, y múltiples esfuerzos por estudiar la naturaleza. Así se establecieron unas bases que contribuyeron poderosamente, en los siglos XVI y XVII, al desarrollo sistemático de la ciencia experimental moderna.

2.2. *La transmisión de la ciencia griega en el alto medioevo*

Durante el auge del Imperio romano se cultivaron las letras, el derecho y la técnica, pero el progreso científico fue muy escaso. Al declive del Imperio romano siguieron varios siglos en los que Europa experimentó una decadencia muy notable, también en los aspectos científico y cultural.

El impulso dado a las ciencias en la Grecia antigua repercutió en la culturas helenística y árabe. Durante varios siglos, la cultura árabe, que alcanzó su culmen entre los años 800 y 1100, recogió y desarrolló la herencia griega, y sirvió como puente entre la Antigüedad y la Edad Moderna. La influencia de los árabes en la Edad Media fue notable, e incluyó la transmisión de obras griegas que, de otro modo, podían haber permanecido olvidadas. Los árabes tradujeron obras

2. Cfr. R. HARRÉ, *Grandes experimentos científicos*, Labor, Barcelona 1986, pp. 25-31.

griegas de la Antigüedad y las asimilaron, haciendo posible de este modo la transmisión de la civilización antigua. Tradujeron, por ejemplo, los *Elementos* de Euclides y el *Almagesto* de Tolomeo (esta obra recibió de los árabes el título por el que es conocida), sirviendo como transmisores de la matemática y la astronomía griegas, y realizaron aportaciones propias.

Aunque no existía la química en el sentido moderno, los árabes realizaron trabajos en la alquimia cuyos resultados, acumulados durante siglos, sirvieron como base para el desarrollo de la química moderna siglos más tarde. El trabajo de los metales y la preparación de drogas formaban parte de esos estudios. Los alquimistas se propusieron objetivos utópicos, como la transmutación de los metales en oro y la preparación de un elixir capaz de curar todos los males. Pero esos objetivos les llevaron a conseguir algunos resultados científicos válidos.

También la medicina y la física fueron cultivadas por los árabes, que influyeron en el desarrollo del método experimental. La posterior traducción de las obras árabes al latín facilitó el cultivo de la ciencia en la Edad Media. Entre 1125 y 1280 se realizó un importante trabajo de traducción del árabe al latín, especialmente en España. C. H. Haskins escribe: «A estos traductores españoles debermos textos de Aristóteles, Tolomeo, Euclides, de los médicos griegos, de Avicena, Averroes, de los astrónomos y matemáticos árabes, más todo un arsenal de astrología y, al parecer, también cierta cantidad de alquimia»[3] . También en los ámbitos de la filosofía y la teología fue notable el influjo de los árabes. Averroes (1126-1198) representa la culminación de la filosofía árabe, y junto con el judío Maimónides (1135-1204), nacido también en Córdoba, quien construyó un sistema escolástico-judio, ejercieron una influencia notable en la Escolástica medieval cristiana.

2.3. *Relaciones entre ciencias, filosofía y teología en el saber medieval*

Hacia los siglos IX y X comenzó a renacer la cultura en la Europa cristiana. Llegó un momento en que las escuelas monásticas y catedralicias resultaron ya insuficientes para la enseñanza, y entonces surgieron nuevas escuelas que darían lugar a las primeras Universidades. Bolonia, París, Oxford y Cambridge se contaban entre ellas.

En los estudios universitarios medievales, la teología ocupaba el lugar central. Existían también Facultades de medicina y de derecho, y para cursar cualquiera de estos estudios se exigían estudios previos en la Facultad de Artes, que comprendía tanto la filosofía como los elementos de las ciencias (tales como matemáticas y astronomía).

3. Citado por W. C. DAMPIER, *Historia de la ciencia*, cit., p. 112.

El saber medieval realizó una importante síntesis entre los elementos filosóficos y científicos de la antigüedad, enriquecidos con las contribuciones de los árabes y los judíos, con la teología cristiana. En el siglo XIII se redescubrió a Aristóteles; se tradujeron al latín sus obras completas, primero desde el árabe y después desde el original griego. Robert Grosseteste (1175-1253), canciller de Oxford y obispo de Lincoln, importó libros griegos e invitó a sabios griegos del Imperio bizantino a establecerse en Inglaterra para traducir esos libros; además se interesó por la óptica y propuso una interpretación del arco iris. Su discípulo Roger Bacon (1214-1292), franciscano, sostuvo que la Tierra es redonda y sugirió que se podría circunnavegar (lo cual no se realizó hasta tres siglos después), advirtió deficiencias en el calendario, continuó los trabajos de Grosseteste en óptica, se interesó por la alquimia y, en cuanto al método científico, afirmó la importancia de las matemáticas y la experimentación para el progreso de las ciencias.

La síntesis escolástica entre las ciencias, la filosofía y la teología alcanzó su máxima expresión en el siglo XIII, sobre todo con los dominicos San Alberto Magno (1206-1280) y su discípulo Santo Tomás de Aquino (1225-1274). Alberto Magno realizó un trabajo enciclopédico, uniendo los elementos aristotélicos, judíos y árabes en una síntesis que incluía todos los conocimientos entonces disponibles sobre las ciencias naturales, a cuyo progreso también contribuyó. Tomás de Aquino no realizó contribuciones a las ciencias naturales, pero formuló una síntesis filosófico-teológica de enorme fuerza, en donde cada uno de los distintos saberes es respetado en su autonomía propia, y estimuló poderosamente el trabajo intelectual posterior, en el que ocupaba un lugar central la idea de un mundo racional e inteligible.

2.4. *Ciencia y sabiduría en Tomás de Aquino*

La filosofía de la ciencia de Tomás de Aquino se encuentra, principalmente, en sus comentarios al *De Trinitate* de Boecio y a los *Analíticos Posteriores* de Aristóteles[4]. En líneas generales, Tomás de Aquino se sitúa en la línea de Aristóteles, pero en este campo como en otros, integra las ideas artistotélicas en un contexto más amplio y profundo.

Aristóteles mostró un vivo interés por las ciencias naturales y dedicó una gran atención al estido de los vivientes, que era el ámbito de la naturaleza más asequible a los medios conceptuales e instrumentales de que se disponía en la antigüedad. Tomás de Aquino comentó las obras de Aristóteles dedicadas al estudio de la naturaleza, pero él mismo no realizó estudios de este tipo. Sin embargo, la profundidad que le proporcionaba su sutileza lógica y su perspectiva metafísica

4. Se encuentra un estudio sistemático de este tema en: J. J. SANGUINETI, *La filosofía de la ciencia según Santo Tomás*, EUNSA, Pamplona 1977.

le permitió proponer una gran síntesis de los saberes y algunas observaciones particulares de gran interés para la epistemología moderna.

Entre estas últimas se puede destacar que Tomás de Aquino advirtió claramente el carácter hipotético de las teorías astronómicas antiguas. En su comentario al *De Caelo* de Aristóteles, alude a los intentos de establecer una teoría astronómica sobre el movimiento de los planetas, y comenta en concreto las propuestas de Eudoxio, Calipo y Aristóteles, que se habían visto obligados a complicar el sistema de las esferas celestes para dar cuenta de las variaciones en el movimiento de los planetas; advierte que muchas de esas complicaciones no encuentran justificación en la física aristotélica; y también alude a las excéntricas y los epiciclos introducidos por Hiparco y Tolomeo. Tomás de Aquino relativiza esas teorías astronómicas, señalando las diferencias que existen entre ellas, y escribe: «No es necesario que las hipótesis que ellos (los astrónomos) han propuesto sean verdaderas: en efecto, aunque esas hipótesis permitan salvar los fenómenos observables, sin embargo no es necesario decir que son verdaderas, porque quizás los fenómenos referentes a las estrellas se puedan explicar de algún otro modo que todavía no conocemos»[5]. En la misma obra ya había expuesto una consideración semejante con anterioridad, al discutir si todos los cuerpos celestes se mueven circularmente: alude a las opiniones de Aristóteles, Hiparco y Tolomeo, subraya que se trata de intentos de explicar los fenómenos observables, y concluye: «Por tanto, esto no está demostrado, sino que es una cierta hipótesis»[6].

En un contexto completamente diferente, hablando en la *Suma Teológica* acerca de nuestro conocimiento de las personas divinas, Tomás de Aquino se refiere también al carácter hipotético de las teorías astronómicas. Dice que existen dos tipos de argumentos en favor de algo. El primero consiste en probar de modo suficiente la verdad de un principio de donde se deriva, y el segundo, en cambio, consiste en mostrar que, admitido lo que se intenta probar, de ello se siguen determinados efectos: es lo que sucede en la astronomía, cuando se formulan hipótesis y, a partir de ellas, se intenta explicar las apariencias sensibles acerca de los movimientos de los cuerpos celestes. Y añade: «Pero esta explicación no constituye una prueba suficiente, porque quizás esas apariencias también podrían explicarse mediante otra teoría»[7].

Pierre Duhem afirmó que estos principios permitieron a los autores de la baja Edad Media utilizar sin escrúpulos las hipótesis de Tolomeo, a pesar de que su metafísica era contraria a ellas; cita como ejemplo un texto de Jean de Jandun, de la Universidad de París, escrito en 1330[8], y lo hace en una obra a cuyo título antepu-

5. Tomás de Aquino, *In Aristotelis libros De caelo et mundo expositio*, l. II, lect. XVII (Marietti, Torino-Roma 1952, n. 451, p. 226).

6. Ibíd., l. I, lectio III (n. 28, p. 15).

7. Tomás de Aquino, *Summa Theologiae*, p. I, q. 32, a. 1, ad 2m. (Marietti, Torino 1963, p. 169).

8. P. Duhem, *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Hermann, Paris 1908, pp. 49-50.

so, en griego, la frase «salvar las apariencias»: se trata de una frase clásica utilizada desde la Antigüedad para designar aquellas teorías que proponemos para dar cuenta de los fenómenos observados sin pretender que sean verdaderas. La tesis de Duhem es que las teorías físicas tienen como finalidad principal «salvar las apariencias», sin negar, por ello, que la ciencia proporcione un conocimiento auténtico de la realidad. Este problema se encuentra en el centro de la epistemología contemporánea. Por el momento, basta señalar que Tomás de Aquino era consciente de la existencia del problema, que saltó al primer plano cuando, en el siglo XVII, se discutió la validez de la teoría heliocéntrica propuesta por Copérnico en 1543, que implicaba un cambio profundo en la cosmovisión generalmente aceptada.

Aunque la ciencia experimental estaba poco desarrollada en la época de Santo Tomás, la síntesis tomista proporciona un marco válido para la integración de los saberes en nuestra época, ya que permite integrar de modo armónico la teología, la filosofía y las ciencias particulares. En efecto, respeta la distinción de los distintos ámbitos del saber y su autonomía propia, y al mismo tiempo proporciona una perspectiva metafísica que sirve de fundamento para los distintos tipos de conocimiento. Sin duda, la filosofía de la ciencia debe incluir en la actualidad aspectos que se han desarrollado junto con el progreso científico de los últimos siglos, pero los principios filosóficos del tomismo permiten formular una epistemología que reconoce el valor del conocimiento científico y afirma, frente al relativismo y el pragmatismo tan difundidos en nuestros días, la existencia de una verdad científica que se integra dentro del saber sapiencial propio de la metafísica y de la teología.

3. Origen y desarrollo de la ciencia moderna

La ciencia moderna se desarrolló sistemáticamente, como una empresa auto-sostenida cuyo progreso ya no ha cesado, desde que se consiguió combinar las matemáticas y la experimentación para elaborar un conocimiento que, por una parte, se formula con precisión matemática y, por la otra, se somete a control experimental. El nacimiento de la ciencia experimental moderna fue el resultado de la revolución científica del siglo XVII. Pero esa revolución culminó un lento proceso que se desarrolló durante siglos. Examinaremos ahora los precedentes inmediatos de esa revolución, sus aspectos principales, y las direcciones en que se ha desarrollado desde entonces la ciencia experimental.

3.1. *Raíces tardomedievales de la ciencia moderna*

Con frecuencia se presenta la revolución científica del siglo XVII como un acontecimiento abrupto, que tuvo lugar de pronto, y a veces se afirma que tuvo lugar precisamente cuando el pensamiento humano consiguió librarse del yugo de la metafísica y de la religión, que durante siglos, y especialmente en la Euro-

pa cristiana medieval, impidieron el desarrollo de las ciencias naturales. Sin embargo, este cliché no corresponde a los hechos históricos, tal como ha sido puesto de manifiesto por los estudios históricos realizados en el siglo XX, comenzados por el físico Pierre Duhem (1861-1916) y continuados por muchos otros autores [9]. Estos estudios han revelado que la revolución científica del siglo XVII fue posible, entre otros factores, porque durante los siglos precedentes se realizaron muchos estudios que prepararon el terreno para las nuevas ideas. También se suele aceptar que, de hecho, el cristianismo ejerció un influjo positivo en el nacimiento de la ciencia moderna, porque proporcionó una matriz cultural que estimuló el trabajo científico: en efecto, el cristianismo subraya que el mundo, como obra de un Dios personal infinitamente sabio, es racional y posee un orden que puede estudiarse de modo científico; y también subraya que el hombre, hecho a imagen y semejanza de Dios, es capaz de conocer el orden natural y tiene, además, el mandato divino de conocer y dominar la naturaleza [10].

Entre los estudios que prepararon la revolución científica destacan los que se realizaron, en el siglo XIV, en Oxford y en París.

En Oxford la tradición de Grosseteste y Bacon fue continuada, en el siglo XIV, por autores como Richard Swineshead, John Dumbleton, Thomas Bradwardine y William Heytesbury. Destaca la representación matemática del movimiento formulada por Bradwardine, y el teorema de la velocidad media de Heytesbury, conocido también como «teorema del Merton College», que desempeñó un papel importante en la formulación de la ley de caída de los graves de Galileo y, por tanto, en los comienzos de la física moderna.

En París destacan, en esa época, Jean Buridan (1300-1385) y Nicole Oresme (1325-1382). Buridan intentó explicar el movimiento mediante su teoría del «impetus» o impulso comunicado a un proyectil cuando es lanzado, que se aplica también a la caída de los cuerpos bajo la acción de la gravedad. Este concepto sirvió para formular la noción de inercia. Oresme realizó importantes aportaciones a las matemáticas, a la representación geométrica de las cualidades (cuestión de gran importancia para la nueva física), a la ley del movimiento acelerado, a la caída de los graves (utilizó incluso una figura geométrica idéntica a la que utilizó Galileo unos tres siglos más tarde), a la teoría del «impetus», y al universo en su conjunto (rotación de la Tierra) [11].

9. Cfr. D. G. MILLER, «Duhem, Pierre-Maurice-Marie», en: *Dictionary of Scientific Bibliography*, editado por C. C. Gillispie, vol. 3, Charles Scribner's Sons, New York 1981, pp. 225-233; S. L. JAKI, *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, 2.ª ed., Martinus Nijhoff, Dordrecht 1987; y la *Revue Internationale de Philosophie*, 46 (1992), n.º 182 (número monográfico dedicado a Duhem).

10. Cfr. S. L. JAKI, *Science and Creation*, Scottish Academic Press, Edinburgh 1974; *The Road of Science and the Ways to God*, The University of Chicago Press, Chicago 1978.

11. Cfr. M. ARTIGAS, «Nicolás Oresme, gran maestre del Colegio de Navarra, y el origen de la ciencia moderna», *Príncipe de Viana (Suplemento de ciencias)*, año IX, n.º 9 (1989), pp. 297-331.

La física de Aristóteles y la astronomía de Tolomeo fueron generalmente admitidas todavía durante bastante tiempo, pero se iban abriendo paso nuevos conceptos que proporcionaron la base que hizo posible que más tarde surgieran la astronomía de Copérnico y la física de Galileo. Thomas Kuhn ha escrito: «el propio ardor con que eran estudiados los textos de Aristóteles garantizaba la rápida detección de las incongruencias de su doctrina o de sus demostraciones; incongruencias que muchas veces se convirtieron en el fundamento de nuevas realizaciones creativas. Los eruditos medievales apenas habían entrevisto las novedades astronómicas y cosmológicas que pondrían sobre el tapete sus sucesores de los siglos XVI y XVII. Sin embargo, ampliaron el campo de la lógica aristotélica, descubrieron errores en sus razonamientos y rechazaron un buen número de sus explicaciones a causa de su desajuste con las pruebas proporcionadas por la experiencia. Paralelamente, forjaron un buen número de conceptos e instrumentos que se revelaron esenciales para los futuros logros científicos de hombres como Copérnico o Galileo»[12]. Y William Dampier, cuyos juicios no son demasiado favorables a la Edad Media, ha escrito de los escolásticos: «... sin embargo, su intelectualismo racional mantuvo vivo y hasta intensificó el espíritu de análisis lógico, mientras que su axioma de que el hombre podía comprender a Dios y al mundo inyectó en las mejores cabezas de la Europa occidental la creencia inapreciable, aunque inconsciente, en la regularidad y uniformidad de la naturaleza, sin la cual nunca se hubiera intentado la investigación científica»[13].

Se suele admitir que el nominalismo medieval favoreció también el nacimiento de la ciencia moderna, ya que insistía en la contingencia del mundo y, por tanto, en la necesidad de la observación y de la experimentación para conocerlo. Pierre Duhem llegó a proponer el 7 de marzo de 1277 como fecha fundacional de la ciencia moderna. Es la fecha del decreto en el que el obispo de París, Esteban Tempier, censuró 219 proposiciones relacionadas con el aristotelismo averroísta, entre ellas algunas que afirmaban que todo lo que sucede en el mundo sucede de modo necesario, y que Dios no pudo crear un mundo diferente del que existe[14]. La insistencia en la libertad de Dios al crear y, por tanto, en la contingencia del mundo, subrayaba que no podemos deducir por meros razonamientos, prescindiendo de la observación empírica, cómo es el mundo, y, por tanto, estimuló el estudio empírico del mundo.

Sin embargo, la insistencia en la contingencia del mundo también podía obstaculizar el estudio científico. Por ejemplo, cuando Galileo intentó defender la teoría de Copérnico, debió enfrentarse a la objeción según la cual nunca se podría demostrar la verdad de esa teoría, porque Dios podría haber dispuesto todo

12. T. S. KUHN, *La revolución copernicana*, Ariel, Barcelona 1978, pp. 160-161.
13. W. C. DAMPIER, *Historia de la ciencia*, cit., p. 124.
14. Cfr. H. DENIFLE, *Chartularium Universitatis Parisiensis*, Paris 1899 (impression anastatique: Culture et Civilisation, Bruxelles 1964), t. I, n. 473, pp. 543-558, proposiciones 6, 21, 34 y 53.

de un modo diferente a lo que tal teoría afirma haciendo, no obstante, que los fenómenos observados fuesen los mismos [15]. Esta objeción subraya, con razón, la dificultad lógica que existe cuando deseamos pasar de los efectos observados a las causas verdaderas. Pero la investigación científica supone que existe una cierta necesidad en el mundo, aunque se trate de una necesidad relativa, compatible con la libertad divina y con la contingencia del mundo.

En definitiva, la ciencia experimental moderna supone que existe un orden natural estable que puede ser conocido por nosotros. Este supuesto es una condición necesaria para la existencia y el ulterior progreso de la ciencia. El cristianismo favoreció la aceptación de este supuesto durante muchas generaciones, y afirmó, al mismo tiempo, la contingencia del orden natural, conduciendo a admitir que, para conocer la naturaleza, debemos recurrir a la observación empírica. De este modo, creó una «matriz cultural cristiana» que empapó una amplia época histórica y favoreció el nacimiento de la ciencia experimental moderna [16].

3.2. *El nacimiento de la ciencia matematizada y experimental moderna*

La revolución científica del siglo XVII se centró en torno a la astronomía, a la mecánica, y a las relaciones entre ellas. Comenzó cuando Nicolás Copérnico (1473-1543) propuso la teoría heliocéntrica según la cual la Tierra no se encontraba inmóvil en el centro del universo, sino que es un planeta más que, como otros planetas del Sistema Solar, gira en torno al Sol. Copérnico expuso su teoría en su obra *Acerca de las revoluciones de las órbitas celestes*, publicada cuando su autor se encontraba a punto de morir en 1543. Copérnico continuaba admitiendo que los planetas se mueven en órbitas circulares. Siguiendo a Copérnico y utilizando los datos astronómicos obtenidos por Tycho Brahe (1546-1601), Johannes Kepler (1571-1630) descubrió que los planetas describen elipses en uno de cuyos focos se encuentra el Sol, y formuló las relaciones cuantitativas contenidas en sus famosas tres leyes sobre el movimiento de los planetas. Galileo Galilei (1564-1642) realizó importantes descubrimientos al observar la Luna, Venus, Júpiter y el Sol con el recién inventado telescopio; criticó los aspectos caducos de la física de Aristóteles y argumentó en favor del sistema de Copérnico, aunque no consiguió proporcionar pruebas concluyentes en su favor; y contribuyó al desarrollo de la nueva ciencia de la mecánica, que estudia el movimiento de los cuerpos. Isaac Newton (1642-1727) publicó en 1687 sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*, donde desarrolló la mecánica de modo completamente moderno y formuló la ley de la gravedad, que explica las trayectorias elípticas de los

15. A. FANTOLI, *Galileo per il copernicanesimo e per la Chiesa*, 2.ª ed., Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1997, pp. 301-302.
16. La expresión «matriz cultural cristiana» es de Stanley Jaki: cfr. las obras citadas en nota 10.

planetas en torno al Sol y muchos otros fenómenos. Con Newton la física moderna se consolidó definitivamente.

Otras ramas de la física se desarrollaron a partir de ese momento. La óptica, que estudia los fenómenos relacionados con la luz, recibió un gran impulso del propio Newton (su obra *Óptica* fue publicada en 1704), y en el siglo XIX se mostró que la luz visible es una radiación electromagnética que ocupa solamente una pequeña parte del espectro de esas radiaciones. El camino para llegar ahí pasó por el descubrimiento de todo un conjunto de fenómenos y leyes particulares referentes a la electricidad, al magnetismo, y a la relación entre ambos. Hans Christian Oersted (1777-1851), físico danés, mostró en 1820 que una corriente eléctrica produce un campo magnético alrededor del hilo por donde circula. Este descubrimiento provocó una gran actividad en esa área. El francés André Marie Ampère (1775-1836) realizó, en el transcurso de ese mismo año, un cierto número de descubrimientos: por ejemplo, mostró cómo se atraen y repelen hilos paralelos por los que circula electricidad: pero realizó su contribución principal en 1827, al formular la ley que lleva su nombre, que relaciona la fuerza magnética entre dos hilos con el producto de las corrientes que fluyen por ellos y con el inverso del cuadrado de la distancia entre ellos. El inglés Michael Faraday (1791-1867) realizó en 1821 experimentos que se consideran como la invención del motor eléctrico; además, en 1831 mostró que un campo magnético produce una corriente eléctrica, y usando en este contexto su idea de líneas y campos de fuerza creó la teoría clásica de campos; en ese mismo año construyó el primer generador eléctrico; y formuló en 1834 las leyes de la electrólisis, sentando así las bases de la electroquímica. A partir de estos descubrimientos sobre la electricidad y el magnetismo, el escocés James Clerk Marxwell (1831-1879) formuló en 1864 las ecuaciones básicas que constituyen la teoría del electromagnetismo, consolidando esa disciplina y haciendo posibles las aplicaciones prácticas (ondas electromagnéticas) que se encuentran en la base de muchos avances ulteriores: Heinrich Herz (1857-1894) produjo por primera vez, en 1888, ondas de radio.

Otras ramas de la física, como la acústica y la termodinámica, alcanzaron también su madurez en la misma época. A medida que se desarrollaba la física, la química, que se basa en la física y le añade sus propias perspectivas y técnicas, también se fue consolidando. Los antiguos estudios de alquimia proporcionaron resultados que sirvieron, por ejemplo, para el progresivo descubrimiento de los elementos químicos a lo largo del siglo XVIII. Antoine Lavoisier (1743-1794) suele ser considerado como padre de la química; realizó importantes contribuciones, que se encuentran expuestas en su *Tratado elemental de química* (1789), obra que ejerció una influencia en la química comparable a la que ejerció la obra de Newton en la física un siglo antes. A comienzos del siglo XIX, John Dalton (1770-1831) formuló en 1808 la teoría atómica moderna, que todavía consideraba que la materia se componía de pequeñas esferas indivisibles. Esa teoría se fue consolidando a lo largo del siglo y ha llegado a ser una de las grandes columnas de la ciencia experimental, aunque los átomos reales nada tengan de indivisibles.

El progreso en la física y en la química hizo posible el desarrollo de la biología moderna. Los estudios con el microscopio a partir del siglo XVII abrieron nuevos horizontes. La teoría de la célula, formulada por Jakob Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882) en 1838-1839, se encuentra en el centro de ulteriores avances, en los que también ha desempeñado un importante papel la teoría de la evolución, formulada con diferentes variantes por Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) en 1809, y por Alfred Russel Wallace (1823-1913) y Charles Darwin (1809-1882) en 1858 y 1859. En 1865, Gregor Mendel (1822-1884) publicó sus leyes de la herencia biológica, que permanecieron ignoradas hasta su redescubrimiento en 1900 y que constituyen la base de la genética, una de las ramas más importantes de la biología.

El enorme desarrollo de la ciencia experimental a partir del siglo XVII se explica por la peculiar combinación de matemáticas y experimentación. Las matemáticas proporcionan un instrumento muy preciso que permite obtener enunciados y demostraciones teóricas rigurosas y, además, relacionar todo ello con los resultados de experimentos y mediciones. En el siglo XVII, esa combinación de matemáticas y experimentación encontró un camino viable que ha conducido a un progreso cada vez mayor hasta el momento actual. Los siglos XVIII y XIX fueron testigos de un enorme desarrollo de las ciencias y de las aplicaciones tecnológicas que se derivan de ellas, y ese progreso tuvo importantes consecuencias filosóficas.

La revolución científica del siglo XVII no carecía de precedentes. Fue posible gracias al trabajo previo, tanto teórico como empírico, desarrollado durante muchos siglos. Sin embargo, significó la consolidación de un nuevo modo de aproximarse a la naturaleza. El aspecto principal de la nueva ciencia consistía en combinar las demostraciones teóricas con la experimentación, buscando un conocimiento que pueda servir como base para el dominio de la naturaleza: las teorías de la ciencia experimental se prueban recurriendo no sólo a argumentos teóricos, sino también a los resultados de experimentos repetibles, de modo que el control experimental es una parte esencial de la nueva ciencia.

El desarrollo sistemático de la ciencia experimental a partir del siglo XVII significó un punto de inflexión en la historia de la humanidad, y sus consecuencias, tanto en el nivel teórico como en el práctico, no han cesado de aumentar desde entonces. El ideal antiguo de ciencia, centrado en torno al conocimiento demostrado, se combinó con el ideal del control de la naturaleza, y se logró una combinación que anteriormente sólo existía en pequeña medida. Esa novedad, junto con el desarrollo fragmentario de la nueva ciencia (que impedía hacerse una idea adecuada de su significado), explica las polémicas que rodearon el nacimiento de la nueva ciencia en el siglo XVII y que, desde entonces, han acompañado a su ulterior progreso. Aludiremos a continuación a algunas de ellas, que han tenido un significado especialmente importante en la interpretación de la ciencia experimental y cuyas consecuencias han perdurado hasta nuestros días.

3.3. *La visión científica de la Ilustración*

El nacimiento moderno de la ciencia experimental en el siglo XVII fue acompañado por fuertes polémicas contra la filosofía natural antigua, que estaba centrada principalmente en cuestiones filosóficas pero contenía, a la vez, especulaciones científicas que, por lo general, fueron superadas por la nueva ciencia. El ambiente polémico y el desarrollo gradual de la ciencia experimental, cuyo progreso se realizó, como es lógico, de modo muy fragmentario, influyeron en la existencia de malentendidos que impidieron advertir cuál era el significado y el alcance real de la nueva ciencia.

Esos malentendidos llegaron a ser importantes en la época de la Ilustración, que comenzó en el siglo XVII en Inglaterra con Locke y los deístas, y se extendió a lo largo del siglo XVIII (el «siglo de las luces») a casi toda Europa, especialmente Francia, Escocia y Alemania. El nombre mismo pretendía señalar la oposición frente a la «edad oscura» representada por la Edad Media. Se subrayaba, con un tinte optimista, la capacidad de la razón y de la experiencia para hacer frente a todo tipo de problemas, reduciendo la religión a un denominador común natural de tipo deísta o adoptando, en ocasiones, posturas francamente materialistas: se criticaba la religión sobrenatural y el recurso a la autoridad y, en las versiones más radicales, la religión era identificada con la superstición. Al mismo tiempo, se iba consumando la separación entre la religión y el mundo profano: se subrayaban los ideales de una sociedad liberal y secular. Kant suele ser considerado como uno de los principales exponentes de la Ilustración. Una de las realizaciones principales de la Ilustración francesa fue la *Enciclopedia*, editada por Diderot y D'Alembert, entre cuyos colaboradores se contaban Holbach, Montesquieu, Rousseau y Voltaire; tuvo que afrontar prohibiciones debido a su tono anticlerical, pero fue publicada en su versión final en 1772, con un total de 28 volúmenes. Debido a la importancia de esa empresa, a los autores pertenecientes al ámbito de la ilustración se les suele denominar no sólo «ilustrados» sino también «enciclopedistas».

Aunque las ideas de la Ilustración se centraban en torno a la naturaleza humana y a la sociedad, se encontraban influidas por el gran desarrollo alcanzado por la ciencia experimental, que parecía proporcionar una base para afirmar que la humanidad había llegado a su mayoría de edad y podía prescindir de los apoyos sobrenaturales tradicionales, apoyándose en la razón para conseguir su emancipación definitiva. A medida que se afianzó el progreso científico, adquirió mayor fuerza el cientificismo que considera a la ciencia como el único conocimiento válido o como modelo de todo conocimiento.

Por otra parte, en el siglo XVIII comenzaron a desarrollarse las ciencias humanas y sociales que, desde el principio, se plantearon como una aplicación a las realidades humanas del método científico que tantos éxitos proporcionaba a las ciencias naturales.

Sin duda, en la Ilustración se destacaron valores positivos que, de hecho, se dersarrollaron en Occidente gracias, en buena parte, a la influencia del cristianismo: éste es el caso, por ejemplo, de la fraternidad entre todos los hombres, de la igualdad radical entre ellos, de la dignidad de la persona con la consiguiente afirmación de la conciencia y de la libertad, y del valor de la ciencia experimental, en cuyo desarrollo también influyeron las ideas cristianas sobre la racionalidad del mundo y la capacidad humana para conocerlo. Sin embargo, la oposición al cristianismo provocó que esos valores se presentaran como independientes de la religión e incluso como opuestos a ella, y que los malentendidos en torno a la relación entre ciencia y religión se multiplicaran.

Todavía en la actualidad se repite el viejo cliché de la presunta oposición entre ciencia y religión, presentando el ideal de la Ilustración como un producto de la revolución científica que fue posible gracias a la oposición a la religión organizada, a la revelación y al dogma, aunque, al mismo tiempo, se deba reconocer, como un hecho histórico cierto, la influencia positiva del cristianismo en el desarrollo de la ciencia experimental[17]. Este cliché es artificial y, para sobrevivir, necesita deformar la imagen auténtica de la ciencia. Esto es lo que sucedió con sus versiones positivistas, que llevaron el cientificismo hasta el extremo y, de este modo, facilitaron que se advirtieran sus contradicciones y se pusiera de relieve su debilidad.

3.4. *El positivismo y el neopositivismo*

El cientificismo, que lleva a la exaltación de la ciencia como contraria a la metafísica y a la religión, y la aplicación del método de la ciencia natural a las ciencias humanas, adquirieron una influyente formulación con el positivismo de Augusto Comte (1798-1857), que es uno de los fundadores de la sociología moderna y pretendía conseguir una reorganización de la sociedad basada en la perspectiva científica.

El positivismo de Comte afirma que la ciencia «positiva» se limita a relacionar hechos observables, evitando toda especulación metafísica y religiosa. De este modo, si bien se afirma que la ciencia es la máxima expresión del conocimiento, se limita su alcance a establecer relaciones entre fenómenos observables, algo que es demasiado pobre para dar una imagen de la ciencia tal como existe en la realidad. De hecho, la ciencia experimental proporciona muchos conocimientos sobre dimensiones de la realidad que se encuentran muy alejadas de las posibilidades de observación; y, por otra parte, no es el juez último del conocimiento humano: más bien se apoya en una racionalidad humana que constituye un supuesto o condición necesaria para que la ciencia sea posible.

17. Esta mezcla, un tanto contradictoria, se encuentra, por ejemplo, en: E. O. WILSON, *Consilience. The Unity of Knowledge*, Knopf, New York 1998, capítulo 3 (pp. 14-44), dedicado a la Ilustración.

El neopositivismo, también denominado «empirismo lógico», fue una reedición del positivismo en el siglo XX. Fue propuesto por los miembros del Círculo de Viena, que publicaron su manifiesto programático en 1929. Su objetivo central era concentrarse en el análisis lógico del lenguaje científico, pero este objetivo venía concebido de un modo fuertemente crítico y negativo con respecto a la filosofía: en efecto, afirmaban que la filosofía debía reducirse a la clarificación del lenguaje científico, y proponían, en consecuencia, la eliminación de la metafísica (y, en general, de todo pensamiento de tipo metafísico en su sentido clásico, incluida la teología). La ciencia empírica sería el único conocimiento válido de la realidad.

El neopositivismo se presentaba como si fuese una consecuencia del progreso de la ciencia y de la lógica; afirmaba que se podía mostrar que todo conocimiento válido referente a hechos reales se contiene en la ciencia empírica y solamente en ella. Sin embargo, los neopositivistas nunca consiguieron probar esa tesis; las diferentes versiones de su «principio de significación» tenían demasiados puntos flacos, como sucede en general a toda posición cientificista: en efecto, la tesis según la cual sólo es válido el conocimiento proporcionado por las ciencias, no es una conclusión de ninguna ciencia concreta y, por tanto, es contradictoria. Paradójicamente, el mismo cientificismo que presenta a la ciencia como la expresión máxima de las posibilidades humanas, está cavando la fosa para el pensamiento humano, ya que lo conduce a callejones sin salida y no puede explicar el valor del conocimiento humano.

La ciencia experimental moderna representa, sin duda, uno de los mayores logros de la humanidad. En la actualidad, por lo general, los científicos suelen ser conscientes de los límites de su ciencia. Sin embargo, la mentalidad positivista se ha difundido ampliamente desde el siglo XIX y continúa influyendo en la actualidad. Este hecho se puede deber, en parte, a los excesos de posiciones que, desde el extremo opuesto, han negado el valor de la ciencia o han pretendido manipularla a su antojo, como sucedió en el siglo XIX con las formas extremas del idealismo.

3.5. *La revolución biológica*

El extraordinario desarrollo de la ciencia experimental desde el siglo XVII hasta finales del siglo XIX afectó, sobre todo, a las ciencias físico-químicas. En consecuencia, también la filosofía de la ciencia se centró en torno a ellas. Por este motivo, muchas polémicas se centraron alrededor del mecanicismo, que pretendía explicar toda la realidad reduciéndola a modelos físicos mecánicos, como si fuese un conjunto de piezas yuxtapuestas. Sin embargo, a medida que progresaron los conocimientos físico-químicos y los medios de observación, pudo desarrolarse la biología, de tal modo que las ciencias biológicas han pasado a ocupar un lugar cada vez más central en el panorama científico.

Una de las manifestaciones principales de la revolución biológica es *la teoría de la evolución*, que fue formulada, con diversas modalidades, desde comienzos del siglo XIX. Aunque subsisten muchas incertidumbres en torno a la evolución, se han ido acumulando diferentes pruebas que avalan la existencia del hecho evolutivo en general, y la imagen evolutiva se ha extendido también a las ciencias físico-químicas, dando lugar a las teorías de la evolución del universo.

La teoría de la evolución ha provocado muchas discusiones que, en ocasiones, se complican porque se mezcla la *teoría científica* con *interpretaciones ideológicas*. En el ámbito científico, la teoría de la evolución afirma que los seres actuales provienen, mediante transformaciones biológicas, de otros vivientes más primitivos, y así sucesivamente, de tal modo que existiría una gran cadena evolutiva en la cual, a partir de la materia no viviente, se habrían originado los primeros vivientes y, a partir de ellos, formas de vida cada vez más complejas. Además, se proponen mecanismos que explicarían esos procesos naturales. En ese terreno, la teoría de la evolución debe juzgarse con los mismos criterios que cualquier otra teoría científica: analizando su capacidad explicativa y predictiva, valorando la variedad de pruebas independientes, y examinando su congruencia con otras teorías bien confirmadas. En ese nivel, que es el propio de una teoría científica, la evolución no se opone a la existencia de dimensiones que, por principio, caen fuera de las posibilidades del control experimental; por tanto, nada puede decir sobre la existencia de dimensiones espirituales en la persona humana, o sobre la existencia de un Dios creador que dirige con su providencia el proceso evolutivo.

Sin embargo, en ocasiones se utiliza la teoría de la evolución para negar la existencia del alma humana espiritual, la existencia de un Dios creador, o la existencia de la providencia divina que actúa según un plan. Dado que estas cuestiones caen fuera de las posibilidades del método de la ciencia experimental, la negación del alma, de Dios o del plan divino no pueden basarse en la ciencia, y cuando esa negación se presenta (como a veces sucede) como si fuese una conclusión científica, asistimos, en realidad, a una deformación pseudo-científica, que presenta como ciencia algo que no lo es. La ciencia adopta perspectivas particulares que no agotan lo que podemos conocer sobre la realidad. En el caso a que nos estamos refiriendo, el estudio científico de la evolución debe respetar los problemas filosóficos o teológicos que caen fuera de las fronteras de la ciencia experimental.

El progreso de la biología es muy importante para la filosofía de la naturaleza. En efecto, los vivientes son los seres naturales más importantes y más complejos. La imagen de la naturaleza que se obtenía a partir de la física era una imagen muy incompleta. El mecanicismo, que solía presentarse como asociado a la física clásica, proporcionaba una imagen deformada de la naturaleza. El enorme progreso de la biología ha permitido obtener una nueva imagen mucho más realista. En la actualidad, la filosofía de la naturaleza cuenta con una cosmovisión científica que aventaja en mucho a las cosmovisiones precedentes, tanto en uni-

dad como en profundidad, ya que comprende tanto los seres inanimados como los vivientes, así como las relaciones entre ambos grupos.

Todo ello ha tenido importantes consecuencias también en el ámbito de la filosofía de la ciencia. Anteriormente la epistemología se encontraba demasiado centrada en problemas relacionados con las teorías abstractas de la física matemática; problemas típicos que se planteaban eran, por ejemplo, las preguntas sobre el sentido real de los modelos físicos abstractos, o sea, la realidad de las construcciones científicas. Este problema sigue existiendo, pero la biología estudia entidades y procesos concretos que poseen un nivel notable de organización, y nos ayuda a reconocer que la ciencia experimental proporciona un conocimiento auténtico de la realidad. De este modo se superan muchas dificultades que parecían basarse en la ciencia experimental, pero que eran, más bien, una consecuencia del estado de la ciencia en una época determinada.

Por otra parte, el progreso de la biología ha planteado también, de modo especialmente vivo, problemas acerca del lugar que ocupa lo biológico en el ser humano. De la misma manera que el éxito de la física pareció apoyar, en los siglos XVII y XVIII, las explicaciones mecanicistas de la naturaleza y del ser humano, la teoría de la evolución, junto con el éxito de la genética y de otras ramas de la biología, ha parecido favorecer, en la época más reciente, ideas reduccionistas sobre el ser humano, sólo que, en esta ocasión, se trata de un reduccionismo biológico que pretende explicar las dimensiones espirituales y culturales como cualidades que, en último término, serían un simple resultado de las dimensiones biológicas y no añadirían nada realmente nuevo. Compete a la filosofía de la ciencia mostrar el auténtico alcance de las explicaciones biológicas de modo que se puedan superar los inconvenientes de este nuevo tipo de reduccionismo. Por ejemplo, la reflexión epistemológica muestra que la ciencia experimental en general y la biología en particular se apoyan en un realismo epistemológico que constituye una condición necesaria para la existencia y el progreso de la ciencia, y este realismo incluye la capacidad de evidencia, de autorreflexión, de conocimiento de la verdad, de interpretación, de creatividad; por tanto, la ciencia supone la existencia de unas dimensiones que no se pueden reducir a los objetos estudiados por la ciencia misma: el sujeto que construye la ciencia posee unas dimensiones que le sitúan por encima del objeto de su estudio, y el progreso de la ciencia es una de las pruebas más claras de este hecho.

3.6. *Nacimiento y desarrollo de las ciencias humanas*

El estudio de los fenómenos humanos se remonta a la Antigüedad. Los grandes filósofos clásicos, como Platón, Aristóteles y muchos otros, dedicaron su esfuerzo a explicar la naturaleza humana, la sociedad y la historia, y sus doctrinas han ejercido un amplio influjo a lo largo de los siglos y lo siguen ejerciendo en la actualidad. Pero las ciencias humanas se han desarrollado de un modo nuevo en

los últimos siglos. En efecto, cuando la ciencia experimental moderna se consolidó en el siglo XVII, inmediatamente se planteó la posibilidad de aplicar su método, que tantos éxitos cosechaba en el ámbito de la naturaleza, al estudio del hombre y de la sociedad. No debe extrañar, por tanto, que al estudiar el objeto, el método y el valor de las ciencias humanas encontremos, como un punto de referencia habitual, la comparación de estas ciencias con las ciencias naturales.

Una vez y otra se plantea el mismo problema: hasta qué punto se puede aplicar el método experimental al estudio de los fenómenos humanos. Abordaremos este problema en los capítulos siguientes, al estudiar los objetivos, los métodos y el valor de la ciencia. Ahora, dentro de este capítulo dedicado al desarrollo histórico de la ciencia, incluiremos algunas reflexiones sobre el desarrollo moderno de las ciencias humanas.

a) *La economía*

La *economía* es el ámbito donde el intento de emplear matemáticas, modelos y datos empíricos se ha concretado con más éxito. Recordaremos algunos momentos significativos del desarrollo de la ciencia económica desde el siglo XVIII en adelante [18].

La ciencia económica moderna se desarrolló a partir de los *fisiócratas*: los franceses François Quesnay (1694-1774) y sus discípulos, quienes ejercieron un influjo breve (aproximadamente entre 1760 y 1770) pero importante. La economía francesa se encontraba en una situación mala, y la doctrina de los fisiócratas no llegó a aplicarse porque poco después tuvo lugar la Revolución francesa. Pero estos autores elaboraron el primer modelo sistemático de economía. Se autodenominaron «economistas» y designaron a su doctrina como «fisiocracia», término que etimológicamente se refiere a las leyes de la naturaleza; querían indicar que «los fenómenos sociales están regidos, al igual que los fenómenos físicos, por leyes de la naturaleza que son independientes de la ley y la voluntad del hombre [...] La tarea del físico es descubrir las leyes naturales de los fenómenos físicos para que el ingeniero pueda proyectar máquinas de acuerdo con ellas. La tarea del economista es, correspondientemente, descubrir las leyes naturales que rigen los fenómenos económicos para que puedan estructurarse políticas de Estado que se correspondan con ellas» [19]. Los fisiócratas estudiaron la economía desde el punto de vista de los mercados, concediendo gran importancia a la agricultura (que tenía grandes posibilidades pero se encontraba en mal estado). Aplicaron sus teorías a los impuestos, estudiaron las clases sociales desde el punto de vista económico, e introdujeron otros conceptos relevantes para la economía.

18. Se encuentran síntesis de cierta amplitud, por ejemplo, en: E. SCREPANTI y S. ZAMAGNI, *Panorama de historia del pensamiento económico*, Ariel, Barcelona 1997; L. BARBÉ, *El curso de la economía*, Ariel, Barcelona 1996.
19. S. GORDON, *Historia y filosofía de las ciencias sociales*, Ariel, Barcelona 1995, p. 107.

Poco después, en 1776, el escocés Adam Smith (1723-1790) publicó su obra *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, que es considerada como el gran hito fundacional de la ciencia económica, donde Smith estudia cómo opera el mecanismo del mercado. Impresionado por el éxito de la ciencia natural, Smith pretende imitar su método, utilizando en economía modelos teóricos. Considera la división del trabajo como causa principal del aumento de la productividad, formula una teoría del valor, y plantea los problemas básicos de la teoría del mercado. El nacimiento de la nueva ciencia económica coincidía con la revolución industrial, que planteó graves problemas sociales, de modo que, desde el primer momento, se plantearon interrogantes no sólo económicos, sino también éticos, acerca de los modelos que se proponían. Por ejemplo, el individualismo que, en diversos grados, acompañaba a esos modelos, no podía considerarse como éticamente neutral.

A partir de esa época, y a pesar de los errores que se cometieron y de las dificultades implicadas en el desarrollo de una nueva disciplina, la ciencia económica no ha dejado de desarrollarse. Se suelen distinguir dos grandes épocas en ese desarrollo: la *economía política clásica* y la *economía neoclásica* (la expresión «economía política», utilizada para referirse a la época clásica, se sigue utilizando; en parte, porque fue utilizada por los principales autores de esa época).

La *economía clásica* está dominada por las ideas de David Ricardo (1772-1823), que fue parlamentario en Inglaterra. Publicó en 1817 su obra *Principios de economía política y tributación*, que marcó el camino de la economía hasta la década de 1870. Propuso una nueva teoría del valor según la cual todo el valor económico se basa en el trabajo; esta teoría fue considerada como una ley económica en sentido estricto e influyó notablemente incluso en el pensamiento socialista y en el de Karl Marx. Su diferenciación de las clases económicas también fue utilizada por los revolucionarios sociales.

Otros autores especialmente importantes en la época de la economía clásica son Malthus, Mill y Marx. Thomas Robert Malthus (1776-1834) publicó en 1798 su famoso *Ensayo sobre el principio de la población*, donde proponía medidas para frenar el aumento de la población, que era considerada como un factor económico importante. John Stuart Mill (1806-1873) publicó en 1849 sus *Principios de economía política*; esta obra contenía una reelaboración de las ideas de Ricardo y se convirtió en la exposición oficial de la economía clásica y en texto básico, reeditado una y otra vez hasta la Primera Guerra Mundial. Karl Marx (1818-1883) pertenece también a esta fase histórica y utiliza en su teoría económica conceptos básicos de la economía clásica. La economía clásica siempre se encontró estrechamente relacionada con los problemas sociales del momento; por ejemplo, adquirió mala fama en el Reino Unido debido a las polémicas en torno a la Ley de Enmienda a la Ley de Pobres en la década de 1830 y a las leyes del grano en la década de 1840: se la acusó, a veces de modo exagerado, de promover un *laissez-faire* individualista en perjuicio de las clases menos favorecidas de la sociedad.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX, la *economía neoclásica* sustituyó a la clásica. La economía neoclásica se basa en ideas que se encuentran ya formuladas en la década de 1870, casi simultáneamente por tres autores: el inglés William Stanley Jevons (1835-1882), quien publicó en 1871 su *Teoría de la economía política*; el austríaco Karl Menger (1840-1921), autor de la obra *Fundamentos de economía política*, publicada también en 1871; y el francés Léon Walras (1834-1910), profesor en Lausana y autor de *Elementos de economía política pura*, obra publicada en los años 1874-1877. Los tres expusieron, de modo independiente, las bases de lo que hoy se denomina «utilidad marginal» y «ley de utilidad decreciente», introduciendo consideraciones relativas a la demanda del mercado, que no se encontraban en las teorías anteriores. Aunque existe una continuidad con la economía clásica ricardiana, se introducen en esa época conceptos y métodos que difieren notablemente de los anteriores y que permanecen básicamente hasta la actualidad.

Los cambios no fueron rápidos. El principal teórico de la economía neoclásica es el inglés Alfred Marshall (1842-1924), profesor en Cambridge, quien publicó en 1890 su obra *Principios de economía*, el libro más importante para el desarrollo de la teoría económica moderna. Puede decirse que la economía clásica abordaba una dinámica histórica, y que la neoclásica, en cambio, se centra en un modelo que puede denominarse «estático»: «una economía en la que ciertos elementos básicos se consideran constantes: el tamaño de la población, los gustos de los consumidores, las existencias de capital y de recursos naturales y la tecnología de la producción. El problema económico básico en un mundo tan limitado es la distribución de recursos productivos entre los diversos usos a los que se pueden destinar [...] Los objetivos de la microeconomía neoclásica son: 1) establecer criterios de máxima eficacia, es decir, criterios normativos que si se siguen potenciarán al máximo la prosperidad económica general, y 2) elaborar un modelo positivo del mecanismo de mercado que permita valorarlo de acuerdo con esos criterios»[20].

El modelo «estático» ha proporcionado muchas aplicaciones interesantes, lo cual no debe extrañar si se advierte que los modelos simplificados e idealizados constituyen un instrumento muy importante también en la ciencia natural, dado que la realidad suele ser demasiado compleja y necesitamos acertar con simplificaciones buenas que permitan formular y resolver problemas interesantes.

En la economía tiene una importancia especial determinar la función del Estado. El sucesor de Alfred Marshall en la cátedra de economía de Cambridge, Arthur Cecil Pigou (1877-1957), fue pionero en la utilización de la economía neoclásica en esa línea, que posteriormente se ha denominado la «economía del bienestar». Publicó *Riqueza y bienestar* en 1912, y *La economía del bienestar* en

20. Ibíd., p. 594.

1920. En este contexto, tiene especial importancia el problema del *desempleo*, cuyo tratamiento por parte de John Maynard Keynes significó la consolidación de una nueva rama de la economía.

John Maynard Keynes (1883-1946), matemático y discípulo de Marshall en Cambridge, tuvo importantes intervenciones en el ámbito científico de la teoría de la probabilidad y en el ámbito político de las condiciones a que se sometió a Alemania después de la Primera Guerra Mundial, pero publicó su libro económico más importante, *Teoría general sobre el empleo, el interés y el dinero*, en 1936. Allí elaboró un nuevo modelo para abordar el paro como fenómeno derivado de un fallo del mercado que no podría ser tratado mediante la teoría neoclásica y exigiría la intervención del Estado. En este caso, el análisis se desplaza del estudio de los mercados particulares al conjunto de la economía, dando lugar a lo que se ha denominado *macroeconomía*. Las teorías clásicas y neoclásicas se refieren a la *microeconomía*, centrada en los mercados particulares. Parece claro que sería deseable unir la macroeconomía y la microeconomía, aunque por el momento permanecen más bien como dos ramas diferentes de la economía que utilizan sus propios recursos.

La perspectiva keynesiana se impuso con la aprobación de la Ley de Empleo de 1946 en los Estados Unidos y de medidas semejantes en otros países. En la segunda mitad del siglo XX, una línea que también insiste en el papel del sector público ha sido desarrollada por John Kenneth Galbraith, canadiense nacionalizado americano y profesor de Harvard, autor de *La sociedad opulenta* (1958) y de *El nuevo Estado industrial* (1967). En cambio, Milton Friedman, autor de *Inflación: causas y consecuencias* (1953) y premio Nobel en 1976, principal representante de la escuela de Chicago, ha rechazado el intervencionismo de Keynes, admitiendo que existe una tasa natural de desempleo. Otro destacado economista, Joseph Schumpeter, checo nacionalizado americano que publicó *Capitalismo, socialismo y democracia* en 1942, se opuso también al intervencionismo de Keynes, pero finalmente pareció no estar satisfecho con las posibilidades del capitalismo. Paul Samuelson, profesor del MIT, autor de un célebre manual de economía que ha tenido numerosísimas ediciones hasta la actualidad y premio Nobel en 1970, ha defendido la «economía mixta», que combina el capitalismo con la intervención del poder público; de hecho, es la forma de organización económica que suele existir hoy día en los países industrializados. En las últimas décadas del siglo XX, la ciencia económica ha desarrollado notablemente técnicas económicas y teorías particulares, pero no se han producido cambios comparables a los provocados por la economía neoclásica y por la keynesiana.

Es interesante señalar que la finalidad práctica, que fue buscada por los economistas modernos desde el principio, se cumple ampliamente en la actualidad, ya que una gran parte de la actividad social, en todos los niveles, requiere la colaboración de los economistas.

b) *La sociología*

Los factores económicos son una parte importante de la vida social, pero no la agotan. Existen otros muchos aspectos en la organización y conducta social, y no puede extrañar que el éxito de las ciencias experimentales a partir del siglo XVII haya conducido a intentar aplicar sus métodos al estudio de los problemas sociales. Tampoco puede extrañar que, desde el principio, el desarrollo de la sociología esté marcado por la existencia de diferentes corrientes y escuelas; en efecto, el ser humano y su conducta poseen dimensiones que trascienden el ámbito de la naturaleza física y, por tanto, es imposible estudiar esas dimensiones de acuerdo con métodos idénticos a los de las ciencias naturales. Por este mismo motivo, el desarrollo de la sociología suele ir acompañado, mucho más que el de las ciencias naturales, por problemas de índole ideológica.

Se suele considerar como fundador de la sociología moderna al filósofo francés Augusto Comte, ya que él mismo acuñó el término «sociología» y colocó a la sociología en la cima de las ciencias: en efecto, su «filosofía positiva» iba encaminada a conseguir la reforma de la sociedad, lo que equivaldría a la reforma de la humanidad, de acuerdo con su «ley de los tres estadios» (propuesta en su *Curso de filosofía positiva*, que fue publicado entre 1830 y 1842). Comte intentó establecer la sociología como disciplina intelectual, utilizando una perspectiva científica (el positivismo) como base de una nueva ciencia del orden y del desarrollo social.

Es fácil advertir que, en Comte, lo científico-sociológico se encuentra unido a componentes ideológicas. Su ley de los tres estadios es, en realidad, una interpretación de toda la historia de la humanidad que no se ajusta a la historia real. Ya hemos advertido que el positivismo de Comte reduce la ciencia a la formulación de relaciones entre fenómenos observables y elimina, por decreto, todos los problemas que caigan fuera de ese ámbito; por tanto, casi toda la filosofía y la religión deberían ser eliminadas: los «problemas últimos» típicos de la metafísica y de la teología responderían, según el positivismo, a cuestiones imposible de resolver que ni siquiera deberían plantearse. Pero las ideas positivistas ni siquiera reflejan lo que es la ciencia natural, que va mucho más allá de lo observable: si se siguieran los preceptos del positivismo, la ciencia natural misma debería ser eliminada.

Émile Durkheim (1858-1917) es uno de los autores clásicos de la sociología que, además de ser considerado como uno de los fundadores de la sociología moderna, suele ser citado siempre que se traza la historia de esta ciencia. Trabajó para establecer la sociología como disciplina científica respetable, capaz de diagnosticar los males sociales y de recomendar posibles remedios. Fue profesor de ciencia social en la Universidad de Burdeos (1887-1902), profesor de educación en la Sorbona (desde 1902), y el primer profesor de sociología allí desde 1913.

Durkheim subrayó que, como consecuencia de las interacciones entre individuos, surgen «hechos sociales», que son propiedades nuevas cuyo estudio exi-

ge también una perspectiva propia, que es la sociológica. Afirma, además, que las relaciones entre las diferentes partes de la sociedad forman una especie de sistema unitario, con una cierta vida propia, que condiciona el comportamiento de los individuos. Expuso sus ideas metodológicas en la obra *Las reglas del método* (1895), y las aplicó a una gran variedad de temas, entre los cuales es especialmente famoso su análisis sociológico del suicidio, publicado en su obra *El suicidio* (1897). También se ocupó de la religión en su obra *Las formas elementales de la vida religiosa* (1912), donde estudia las creencias de los aborígenes australianos e intenta mostrar el lugar de la religión en la solidaridad social; Durkheim considera que la religión es un fenómeno que no se relaciona necesariamente con la divinidad y con el más allá, sino que expresa la tendencia, presente en todas las civilizaciones humanas, de relacionarse con una realidad absoluta que proporcione un sentido de identidad personal y colectiva. Se puede advertir que fácilmente surgirán confusiones si se utiliza la sociología como clave última de interpretación, ya que, en ese caso, aunque se atribuya gran importancia a la religión, ésta será concebida principalmente como un hecho social cuyo contenido concreto quedará relativizado.

Otro de los clásicos de la sociología, casi contemporáneo de Durkheim, es el alemán Max Weber (1864-1920), que sigue ejerciendo una notable influencia en la actualidad. Estudió historia, leyes y economía, y fue profesor en Friburgo y Heidelberg. Se ocupó de múltiples temas concretos, tales como la relación entre el protestantismo y el capitalismo (*La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, 1904), y la sociología religiosa de China, India y Palestina. Fueron importantes sus aportaciones a la metodología de la sociología, donde se alineó en contra del positivismo y al lado de quienes defienden que el estudio de los fenómenos sociales y humanos requiere una especie de *comprensión* interpretativa (*verstehen*) que tenga en cuenta las intenciones de los agentes. Éste sigue siendo un problema central de la metodología de las ciencias humanas, que influye decisivamente en su valoración. Weber utilizó conceptos expresamente ideados para estudiar esas dimensiones intencionales de la conducta humana y propuso métodos de análisis en esa línea.

En la obra de Weber ocupa un lugar destacado el estudio de la civilización occidental. Según su interpretación, estamos asistiendo a un proceso de «desencantamiento del mundo» que se debe, en gran parte, al progreso de la ciencia. Aunque su análisis refleja, en parte, aspectos reales, se encuentra mezclado con ideas discutibles muy relacionadas con la filosofía de la ciencia en general. En efecto, el «desencantamiento del mundo» de que habla Weber equivale a una «des-divinización», como si ya no existiesen huellas de Dios en el mundo que se pudieran reconocer. Según Weber, como resultado de un proceso en el cual el progreso científico desempeña un papel importante, el mundo y su estudio científico ya no se consideran como capaces de proporcionar ningún medio para ver la mano de Dios actuando en el ámbito de la naturaleza. El desencantamiento del mundo se relaciona estrechamente con un proceso de «racionalización» que deja fuera los

aspectos «mágicos» antiguos del pensamiento y los reemplaza con explicaciones naturalistas científicas. La ciencia experimental desempeña un papel importante en ese proceso. Por eso Weber piensa que el desencantamiento del mundo crece constantemente a medida que crece el pensamiento científico. El proceso global parece ser presentado como una conquista de la mente racional progresiva. Esta evaluación se asemeja a la ley de los tres estadios del positivismo de Comte y se presenta incluso en la actualidad como si fuese el resultado de un relato objetivo de la historia humana. Aunque admitamos como un hecho sociológico que en la Edad Moderna estamos presenciando un proceso de secularización creciente en las sociedades occidentales, las causas y el significado de este fenómeno no son nada simples ni triviales. En cualquier caso, el progreso científico no puede ser interpretado en favor del naturalismo, del materialismo o del secularismo.

Otra idea central de Weber es que la ciencia está «libre de valores». Pero interpreta esto en función de su tesis sobre el desencantamiento: una ciencia libre de valores favorecería una interpretación «libre de valores» del mundo, que sería incompatible con una interpretación religiosa. Weber plantea la pregunta acerca del significado del desencantamiento del mundo, y dice: «Plantearse este problema es preguntarse por la vocación científica dentro de la vida total de la humanidad. ¿Qué valor tiene la ciencia?»[21]. Abordaremos este problema más adelante. Por el momento, la referencia a Weber puede servir para advertir su complejidad. En efecto, aunque se admita, como lo hace Weber, que las ciencias no se ocupan de los valores, también parece claro, como Weber lo admite, que el análisis de la ciencia es un ingrediente importante de nuestra idea general sobre el mundo y los valores. Y, como veremos, ese análisis puede proporcionar elementos importantes en apoyo de una visión religiosa de la realidad.

Es fácil advertir que, desde sus comienzos en el siglo XIX, existen enfoques diferentes en la sociología. En esta línea se puede mencionar la Escuela de Chicago. El primer departamento universitario de sociología fue fundado en Chicago en 1892 por Albion Small, sucedido por Robert E. Park quien, junto con varios más, creó un Centro para las ciencias sociales donde, en las décadas de 1920 y 1930, se estudió la vida urbana, incluyendo el crimen y otras desviaciones, en Chicago. La orientación empírica de esa Escuela contrastaba con el enfoque, mucho más teórico y unido a la filosofía social, de otros pioneros de la sociología americana. En realidad, los temas de que se ocupa la sociología son tan amplios y variados que es difícil establecer un esquema lineal del desarrollo de esta ciencia. Por ejemplo, los enormes cambios que experimentó la población de Chicago en las primeras décadas del siglo XX convertían a esa ciudad en objeto singular para el estudio de muchos problemas sociales, que podían ser, sin embargo, muy diferentes en otros lugares.

21. M. WEBER, «La ciencia como vocación», en: H. H. GERTH y C. WRIGHT MILLS (eds.), *Ensayos de sociología contemporánea*, Martínez Roca, Barcelona 1972, p. 173.

Entre los autores más influyentes en la sociología contemporánea destaca Talcott Parsons (1902-1979). Enseñó en la Universidad de Harvard desde 1931 hasta su muerte. En su obra *La estructura de la acción social* (1937) subrayó la capacidad creativa del sujeto. Parsons intentó formular una ciencia de la acción humana. Al igual que Comte y Durkheim, se suele atribuir a Parsons un «funcionalismo» que, en las ciencias sociales, significa que la sociedad tiene cierta vida propia, más allá de la vida de los miembros que la componen: según esta perspectiva, las costumbres e instituciones sociales desempeñan una función en el sistema social, en donde existe un consenso acerca de los valores y fines básicos.

En la sociología contemporánea existe una gran variedad de perspectivas y tradiciones. Una perspectiva bastante extrema es la «sociobiología», desarrollada desde los años 1970 por Edward O. Wilson (nacido en 1929), profesor de la Universidad de Harvard. Desde sus obras *Sociobiología: la nueva síntesis* (1975) y *Sobre la naturaleza humana* (1978), hasta *Consilience* (1998), Wilson insiste en buscar la unidad de todas las ciencias tomando como referencia la biología y subrayando el papel central de la biología como factor central explicativo de la cultura, de la religión y de toda la actividad humana. Wilson intenta establecer el carácter científico de las ciencias humanas, pero lo hace a costa de interpretar la cultura, la religión y todas las dimensiones humanas en una clave demasiado materialista que no deja lugar para las dimensiones propiamente espirituales.

c) *La psicología*

La psicología, entendida como estudio filosófico de las capacidades y del comportamiento del ser humano, ha existido desde la antigüedad. Pero en la Edad Moderna se ha desarrollado una nueva disciplina que utiliza el método de la ciencia natural para estudiar los aspectos del ser humano que pueden ser objeto del método experimental.

Por lo general, los pioneros de la psicología experimental moderna habían estudiado medicina o fisiología. La acumulación de conocimientos de fisiología a lo largo de los siglos XVIII y XIX condujo al nacimiento de la nueva ciencia. Entre los inicios de esa ciencia se suele incluir el primer curso impartido por William James en los Estados Unidos en 1875; la fundación del primer laboratorio en Leipzig, Alemania, en 1879, por Wilhelm Wundt; la edición, también por Wundt, de la primera revista especializada, en 1881; la publicación del primer libro de texto, por John Dewey, en los Estados Unidos, en 1886.

En la historia de la psicología experimental suelen distinguirse varias escuelas, que dependen de las ideas que se tienen acerca del ser humano y de los aspectos que se subrayan en cada caso[22].

22. Cfr. D. E. PAPALIA y S. W. OLDS, *Psicología*, McGraw-Hill, Madrid 1985, pp. 7-11.

El *estructuralismo* se encuentra asociado a Wilhelm Wundt (1838-1920), que suele ser considerado el padre de la psicología experimental. Su libro *Principios de la psicología fisiológica* (1883-1884) estableció esa disciplina de acuerdo con el método experimental, tomando como base la fisiología. Para estudiar la estructura de la mente humana desarrolló el método de una «introspeción analítica» ayudada por controles experimentales, y analizó las experiencias que componen la «mente». Este estructuralismo desapareció cuando murió en 1927 Edward B. Titchener, discípulo de Wundt, debido a que proponía una interpretación demasiado primitiva: por una parte, dependía en exceso del juicio personal de cada observador, y por otra, la descomposición de la experiencia en elementos impedía emitir juicios como los que se asocian a la experiencia ordinaria, lo cual resultaba poco satisfactorio.

El *funcionalismo*, asociado a William James (1842-1910) y John Dewey (1859-1952), concentraba su atención, precisamente, en el funcionamiento de la mente. En esta corriente se desarrollaron métodos diversos de investigación que permitían superar los límites impuestos por la introspección. Dewey se situó en una corriente filosófica de tipo pragmatista, e influyó fuertemente en la orientación de la educación pública en los Estados Unidos. El pragmatismo de James y Dewey es insuficiente como posición filosófica, pero el impulso del funcionalismo en la psicología continúa siendo notable.

A principios del siglo XX, en Alemania, se fundó la denominada *escuela de la Gestalt*. La idea fundamental subrayada por esta escuela es que lo más importante no son los componentes individuales de la mente, subrayados por los estructuralistas, sino la «Gestalt» o configuración o forma constituida por esos elementos. Se trata de una perspectiva de tipo «holista», porque subraya que el todo es más que una mera agregación de las partes que lo componen. Esta idea también ha ejercido un influjo duradero.

John B. Watson (1878-1958) fundó el *conductismo*, que prescinde de los estados interiores y se concentra exclusivamente en los fenómenos que se pueden observar, en la conducta. Por eso recibió también el nombre de *behaviorismo* (del inglés: *behavior* significa conducta o comportamiento). El estudio se desplazó a la observación de las respuestas ante determinados estímulos, mediante la experimentación con animales. Se trata, sin duda, de un enfoque valioso, con tal que no se niegue la existencia de todo aquello que no se puede observar directamente. El conductismo ha incurrido a veces en ese defecto, llevando a posiciones extremas en las que queda desdibujada la existencia e importancia de los pensamientos y de las emociones, considerados como entidades o procesos inobservables que no pueden encontrar lugar en la ciencia. El conductista más influyente ha sido Burrhus F. Skinner (1904-1990). Su trabajo se ha centrado, en gran parte, en el estudio de pautas de comportamiento que tienen lugar como reacciones condicionadas por premios y castigos, y ha producido resultados útiles para el estudio de la conducta animal; al mismo tiempo, la aplicación de sus ideas al ámbi-

to de la persona y la sociedad ha provocado reacciones de rechazo por su carácter extremo, que no parece respetar suficientemente ideas básicas sobre la libertad y la dignidad humanas.

Otros enfoques incluyen el *psicoanálisis*, propuesto por Sigmund Freud (1856-1939), que se presenta como una teoría dirigida a la terapia psicológica, y subraya de modo exagerado la importancia de fuerzas inconscientes, especialmente del impulso sexual; la *psicología humanista*, que intenta superar la estrechez del conductismo y del psicoanálisis, incluyendo en la psicología las experiencias típicamente humanas tales como el amor, la esperanza, la responsabilidad, y el sentido de la vida; y la *psicología cognitiva*, que ha experimentado un auge notable en las últimas décadas del siglo XX, y se centra en el estudio de los procesos del pensamiento.

La psicología cognitiva forma parte de la denominada *ciencia cognitiva*, que comprende un amplio espectro interdisciplinar de estudios, ya que se intenta comprender el funcionamiento concreto de la mente al procesar la información. La ciencia cognitiva tiene una relación especialmente estrecha con las disciplinas científicas que estudian el cerebro, los procesos del conocimiento, y el tratamiento de la información: por tanto, tiene muy en cuenta la neurofisiología y los estudios relacionados con la «inteligencia artificial». Ronald Giere ha encontrado en la ciencia cognitiva un instrumento apropiado para el enfoque naturalista de la epistemología, aunque ha advertido expresamente que se trata solamente de un instrumento que proporciona un marco de referencia[23].

Una posición extrema, que se sitúa en la línea materialista, es la sostenida por Paul y Patricia Churchland, quienes proponen una epistemología basada principalmente en la neurofisiología, de tal modo que el estudio de las ideas científicas parecería reducirse al estudio de los procesos cerebrales: el ser humano podría ser explicado completamente en términos de los materiales físicos que lo componen. Como suele suceder en este tipo de propuestas extremas, los Churchland advierten que la reducción de la psicología a neurociencia será una tarea difícil, y que, por el momento, sólo pueden señalar unos esbozos muy imperfectos y la dirección que deberán seguir los trabajos futuros[24]. Se trata de lo que suele denominarse «materialismo promisorio»: se toman como base progresos particulares en nuestro conocimiento de la base física del conocimiento, y se afirma que, a la larga, todo podrá explicarse de ese modo: pero esa promesa nunca se cumple.

23. R. N. GIERE, «What the Cognitive Study of Science Is Not», en: R. N. GIERE (ed.), *Cognitive Models of* Science, University of Minnesota Press, Minneapolis 1992, pp. 481 y 483.

24. Paul M. CHURCHLAND y Patricia S. CHURCHLAND, «Intertheoretic Reduction: a Neuroscientist's Field Guide», en: R. WARNER y T. SZUBKA (eds.), *The Mind-Body Problem. A Guide to the Current Debate*, Blackwell, Oxford 1994, p. 53; Patricia S. CHURCHLAND, «Do We Propose to Eliminate Consciousness?», en: R. N. MCCAULEY (ed.), *The Churchlands and their Critics*, Blackwell, Oxford 1996, p. 298.

La *psicología evolutiva* desarrollada por Jean Piaget (1896-1980) y su escuela se ha centrado en el estudio de la adquisición de los conceptos, especialmente en los niños, y ha intentado clarificar la génesis de las ideas básicas que se utilizan en la ciencia. Se trata, sin duda, de una perspectiva interesante, pero limitada. En efecto, aunque consigamos clarificar completamente el origen de los conceptos, lo cual es una tarea muy difícil, todavía no habremos comenzado a determinar cuál es su uso científico y cuál es su validez.

d) *Otras ciencias humanas*

Además de las ya mencionadas, han alcanzado también un notable desarrollo otras ciencias humanas tales como la antropología cultural, la teoría política, la historia, o la pedagogía. Algunas de ellas se habían desarrollado desde épocas antiguas. Pero en estos casos, al igual que en los que hemos analizado anteriormente, el desarrollo de la ciencia experimental moderna a partir del siglo XVII ha introducido un nuevo factor que ha resultado decisivo. El éxito del método utilizado por la ciencia experimental ha llevado a intentar aplicar en las ciencias humanas métodos semejantes, lo cual siempre es posible, porque las realidades humanas poseen dimensiones materiales y espirituales íntimamente compenetradas, y es posible aplicar el método experimental al estudio de las condiciones materiales asociadas a todas las facetas de la vida humana.

Al mismo tiempo, entre las ciencias naturales y las humanas existen importantes diferencias, que se deben a la existencia de dimensiones espirituales en el ser humano. Ni siquiera es posible agotar el estudio de la naturaleza mediante la ciencia experimental, porque todos los seres, incluso los vivientes no humanos y los seres no vivientes, poseen *dimensiones ontológicas* o modos de ser cuyo estudio exige que se adopte una perspectiva filosófica, y poseen además *dimensiones metafísicas* porque no son auto-suficientes y remiten, en último término, a la acción divina que proporciona el fundamento del ser y del obrar de todas las criaturas.

Más adelante consideraremos con mayor detalle la relación que existe entre los métodos y los resultados de las ciencias naturales y los de las ciencias humanas. Pero ya desde ahora se puede advertir que las ciencias naturales poseen una peculiar fiabilidad porque estudian pautas naturales repetibles que pueden ser sometidas a control experimental. Las ciencias humanas, en la medida en que estudian dimensiones que se relacionan con lo material, pueden utilizar métodos semejantes; sin embargo, en la medida en que estudian las dimensiones específicamente humanas que incluyen la libertad y lo que la libertad implica, no pueden alcanzar el mismo tipo de leyes que rigen la naturaleza material, precisamente porque el objeto que estudian tiene una categoría ontológica que supera a la naturaleza puramente material.

3.7. *Las dos culturas: ciencias y humanidades*

El desarrollo de la ciencia experimental moderna ha creado un ámbito de conocimientos, cada vez más amplio, que sólo resulta accesible a los especialistas. La multiplicación de nuevas disciplinas y conocimientos hace que, incluso dentro de una misma rama de la ciencia, existan diferentes compartimentos, de tal modo que al especialista de uno de ellos puede resultarle difícil entender el trabajo de un especialista de otro ámbito de su misma disciplina.

Los pioneros de la ciencia experimental moderna, desde el siglo XVII hasta el XIX, tenían en muchos casos intereses culturales y filosóficos que cultivaban con una competencia notable. Los grandes científicos en esa época se interesaban por los problemas culturales, y los grandes filósofos se interesaban por los problemas científicos e incluso contribuían, en ocasiones, al progreso de la ciencia. El enorme desarrollo de las ciencias a partir del siglo XIX provocó una especialización creciente que hace cada vez más difícil la comunicación entre los especialistas de las ciencias y de las humanidades. El fenómeno de las «dos culturas» diferenciadas e incluso separadas, la científica y la humanística, se ha convertido en uno de los problemas principales de la civilización actual. Se siente la necesidad de conectar los dos ámbitos, porque las ciencias tienen enormes repercusiones teóricas y prácticas, y existe una enorme laguna en el mundo de la cultura si se prescinde de las ciencias.

Sin embargo, la comunicación entre estos dos ámbitos no es fácil, debido, precisamente, a la enorme especialización que reina en ambos y al diferente tipo de mentalidad que suponen y cultivan. Se habla mucho de *interdisciplinariedad*, para subrayar la necesidad de que especialistas de diferentes áreas colaboren en proyectos comunes para proporcionar una comprensión unitaria y completa de los problemas humanos. Pero los especialistas de diferentes áreas utilizan, con frecuencia, lenguajes muy diferentes, y no es fácil obtener resultados comunes. Por otra parte, cuando los especialistas de un área se aventuran a establecer conexiones con otras áreas diferentes, con frecuencia extrapolan la mentalidad propia de su especialidad a ámbitos que exigen conceptos y métodos diferentes. De hecho, en la actualidad existe una cierta abundancia de obras, escritas por científicos, donde se intenta conectar la ciencia con los problemas humanos generales, en la línea de lo que se ha denominado «la tercera cultura». Pero, con demasiada frecuencia, en esos casos el resultado obtenido no es una auténtica síntesis de conocimientos, sino, más bien, un conjunto de extrapolaciones que acaban creando una confusión todavía mayor de la que existía al principio.

La necesaria síntesis entre las ciencias y las humanidades exige el trabajo riguroso de los especialistas de ambos campos, en una colaboración que evite extrapolaciones y síntesis superficiales. En este ámbito, la filosofía de la ciencia desempeña una función insustituible. En efecto, el análisis epistemológico permite comprender la naturaleza y el alcance de las ciencias, así como de sus relaciones con otros ámbitos de la cultura.

4. La ciencia en el mundo contemporáneo

Después de su nacimiento moderno en el siglo XVII, la ciencia experimental no ha cesado de progresar. Durante el siglo XIX, ese progreso fue espectacular. Desde el principio del siglo XX y a lo largo de todo ese siglo, se sucedieron diversas revoluciones que han implicado nuevas orientaciones no sólo en la ciencia, sino también en la filosofía de la ciencia. Examinaremos ahora las consecuencias de esas revoluciones científicas, y después aludiremos a las repercusiones éticas de los avances de la biología.

4.1. *Las revoluciones científicas del siglo XX*

Durante dos siglos, el éxito de la física newtoniana fue enorme. Pero a finales del siglo XIX se advertía la necesidad de introducir nuevos conceptos para dar cuenta de fenómenos que no encajaban bien en la física clásica. La relatividad y la mecánica cuántica ampliaron extraordinariamente el ámbito de la física. Más tarde se produjeron otras revoluciones que han afectado también a la biología y a toda la ciencia experimental.

a) *La teoría de la relatividad*[25]

La teoría de la relatividad, uno de los logros mayores en la historia de la ciencia, fue obra de una sola persona, Albert Einstein (1879-1955). En 1905 publicó su teoría especial de la relatividad, y en 1915, de la relatividad general. Se trata de dos teorías diferentes en su formulación, en sus consecuencias y en su valoración.

La *relatividad especial*, o *teoría especial de la relatividad*, se basa en dos postulados. El primero establece que la velocidad de la luz en el vacío es constante con independencia del movimiento de la fuente de luz o del observador, lo cual venía avalado por el resultado negativo del experimento realizado poco antes por Albert Michelson y Edward Morley. En consecuencia, Einstein negó la existencia del éter y, por tanto, la posibilidad de observar un movimiento absoluto: todo movimiento es relativo a algún sistema de referencia, y de ahí el nombre de teoría de la relatividad. El segundo postulado establece que las leyes de la física deben tener la misma forma cuando se refieren a sistemas inerciales, que se mueven uno respecto al otro con una velocidad rectilínea y uniforme. A partir de ahí, Einstein llegó a una nueva formulación de las leyes de la mecánica, obteniendo consecuencias revolucionarias: las mediciones de distancias y de duraciones son diferentes

25. Puede verse, por ejemplo: B. HOFFMANN, *La relatividad y sus orígenes*, Labor, Barcelona 1985; D. LAYZER, *Construcción del universo*, Prensa Científica, Barcelona 1989.

según el sistema de referencia en quese miden, la masa no es constante sino que cambia con la velocidad; existe una equivalencia entre masa y energía en las transformaciones físicas: esa equivalencia tiene consecuencias importantes en la física atómica, y se encuentra en la base de la utilización de la energía atómica.

La *teoría de la relatividad general* amplió la idea central de Einstein a los sistemas acelerados. Se expresa en un formalismo matemático más complejo que la relatividad especial. Proporciona la base para el estudio del universo en su conjunto y, de hecho, se utiliza en todos los modelos que propone la cosmología científica sobre el origen del universo. Además, permitió explicar el desplazamiento del perihelio de Mercurio, y predijo que la luz se desvía al pasar cerca de un campo gravitacional muy fuerte: la observación de esta predicción, como resultado de las expediciones organizadas al golfo de Guinea y a Sobral (Brasil) por sir Arthur Eddington en 1919, convirtieron a Einstein en un personaje mundialmente famoso.

La teoría de la relatividad significó el fin de una etapa de más de dos siglos en la que se había llegado a creer que la mecánica de Newton proporcionaba el esqueleto básico y definitivo de la estructura de la naturaleza. Conceptos básicos como la existencia de espacio, tiempo y movimiento absolutos cayeron de golpe, y se abrieron nuevos horizontes que no han dejado de aplicarse a muchos fenómenos importantes.

La situación creada por la revolución relativista tuvo un fuerte impacto en la filosofía de la ciencia, porque mostró que incluso las teorías mejor comprobadas pueden ser rectificadas y perfeccionadas. Es difícil imaginar una teoría que haya tenido tanto éxito teórico y predictivo como la mecánica de Newton; sin embargo, se mostró que sólo es válida para un determinado ámbito de fenómenos. Pero la relatividad no implica que la mecánica de Newton deba ser rechazada: de hecho, la mecánica clásica o newtoniana se continúa aplicando en muchísimos casos con gran éxito. Más en concreto, es necesario recurrir a la relatividad cuando se estudian fenómenos en los que intervienen velocidades que no son despreciables con respecto a la velocidad de la luz (que es de unos 300.000 kilómetros por segundo), pero cuando las velocidades que intervienen son muy pequeñas respecto a la de la luz, a partir de las fórmulas de la relatividad se obtienen las fórmulas de la mecánica clásica, que sigue valiendo como una primera aproximación en esos fenómenos.

Es interesante señalar que la teoría de la relatividad no significa, en modo alguno, que «todo es relativo». Por el contrario, esa teoría proporciona muchos conocimientos muy exactos acerca de una gran variedad de fenómenos que antes no se podían estudiar, y los resultados que se obtienen no tienen nada de relativo. Lo que subraya es que, cuando se estudia el movimiento, es necesario determinar qué sistema de coordenadas se toma como marco de referencia, ya que los resultados pueden ser diferentes cuando se refieren a diversos sistemas: pero en cada sistema se obtendrán resultados bien determinados, y se sabe cómo pasar de un

sistema a otro. La teoría de la relatividad no tiene nada que ver con el relativismo o el subjetivismo de tipo filosófico.

b) *La física cuántica*[26]

La revolución cuántica comenzó en el año 1900. Fue provocada por Max Planck (1858-1947) cuando, para explicar el fenómeno de la distribución de energía en la radiación que en física se denomina del «cuerpo negro», postuló que la energía no se emite y absorbe de modo continuo, sino discreto, como en «paquetes» o «cuantos» de energía, cuyo valor es siempre múltiplo de la frecuencia de la radiación: el valor de la energía es igual a la frecuencia multiplicada por una magnitud constante, que se denomina «constante de Planck». Esta constante desempeña un papel fundamental en todos los fenómenos de la física atómica.

Planck propuso su revolucionaria idea en 1900, pero no tenía interés en modificar la física: sólo pretendía resolver un problema específico. Sin embargo, se acabó viendo que la idea de Planck exigía formular toda una nueva física para dar cuenta de los fenómenos del microcosmos, o sea, de los átomos y de las partículas subatómicas.

La física cuántica fue el resultado de muchos trabajos realizados por diferentes físicos, entre los cuales ocupan un lugar destacado Louis de Broglie (1892-1987) y Niels Bohr (1885-1962). La primera formulación sistemática de la mecánica cuántica se obtuvo casi simultáneamente en dos modalidades que, más tarde, se mostró que eran equivalentes: la «mecánica ondulatoria» formulada en 1926 por Erwin Schrödinger (1887-1961), y la «mecánica de matrices», formulada en 1925 por Werner Heisenberg (1901-1976).

Dentro de la física, la mecánica cuántica representa un avance gigantesco, porque permite estudiar con gran éxito el mundo microfísico. Al mismo tiempo, desde el principio existieron discrepancias entre los físicos, no sólo sobre el significado filosófico de la física cuántica, sino sobre su valor como teoría científica. Por ejemplo, Einstein, que al principio contribuyó de modo importante al desarrollo de la física cuántica y que nunca negó su valor, se encontraba insatisfecho, sin embargo, con el indeterminismo cuántico, y defendió durante muchos años que debería obtenerse una nueva teoría más amplia que eliminara ese indeterminismo.

Los debates en torno a la física cuántica continúan en la actualidad. Nadie pone en duda que se trate de una teoría con un inmenso éxito predictivo. Lo que se discute es si esa teoría es definitiva, y si implica la existencia real de indeter-

26. Cfr. S. Ortoli y J. P. Pharabod, *El cántico de la cuántica*, Gedisa, Barcelona 1985; F. Selleri, *El debate de la teoría cuántica*, Alianza, Madrid 1986; A. Rae, *Física cuántica, ¿ilusión o realidad?*, Alianza, Madrid 1988; J. Gribbin, *Q is for Quantum*, Weidenfeld & Nicolson, London 1998.

minismo y de otras propiedades poco intuitivas en la naturaleza. En el antiguo debate entre Einstein (determinismo) y Bohr (indeterminismo), la balanza parece, por el momento, inclinarse en favor de Bohr, en vista de los resultados obtenidos en torno a la paradoja EPR (Einstein-Podolsky-Rosen), especialmente en los experimentos realizados por Alain Aspect y sus colaboradores en 1982. De acuerdo con la interpretación actualmente mayoritaria, en el mundo microfísico dejan de aplicarse ideas que parecen «de sentido común», de modo que, por ejemplo, existirían conexiones entre fenómenos que, en un momento determinado, no pueden relacionarse físicamente: se trata de la «no-localidad» de la física cuántica, algo semejante a la acción a distancia, en cuanto que existirían correlaciones entre fenómenos que, en principio, deberían ser independientes. Estas discusiones han dado lugar a diversas interpretaciones filosóficas, algunas de las cuales incluso llegan a afirmar que la no-localidad del mundo microfísico proporcionaría una nueva clave para comprender las dimensiones metafísicas de la naturaleza[27]. En cualquier caso, no debería olvidarse que uno de los supuestos de estas interpretaciones es que la velocidad de la luz establece un límite superior que no se puede franquear.

c) *La biología molecular*[28]

Una parte importante del progreso de la biología en el siglo XX está representado por los avances en la *biología molecular*. El desarrollo de la biología molecular, que ha sido posible gracias al enorme avance de la física y la química, ha abierto nuevas y fascinantes perspectivas, ya que ha permitido desentrañar los mecanismos de la vida en un nivel de explicación anteriormente insospechado. Las consecuencias prácticas de estos avances, que se multiplican sin cesar, han abierto la posibilidad de actuar sobre los vivientes de una manera que no tiene precedentes.

Uno de los avances fundamentales en este ámbito fue el descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN (ácido desoxirribonucleico), el componente básico del material genético, realizado en 1953 por James Watson y Francis Crick. Desde ese momento se pudieron comprender los mecanismos físicos mediante los cuales el material genético se conserva, se duplica, se modifica y se transmite, y se abrieron definitivamente las puertas de la biotecnología.

27. Cfr. A. SUÁREZ, «Unentscheidbarkeit, Unbestimmtheit, Nicht-Lokalität. Gibt es unverfügbare Kausalverbindungen in der physikalischen Wirklichkeit?», en: H. C. REICHEL y E. PRAT (eds.), *Naturwissenschaft und Weltbild. Mathematik und Quantenphysik in unserem Denk- und Wertesystem*, Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Viena 1992, pp. 223-264; A. DRIESSEN y A. SUÁREZ (eds.), *Mathematical Undecidability, Quantum Nonlocality and the Question of the Existence of God*, Kluwer, Dordrecht 1997.

28. Se encuentran muchas explicaciones asequibles y rigurosas sobre este tema en: C. DE DUVE, *La célula viva*, Labor, Barcelona 1988.

En la biología molecular desempeña un papel importante el concepto de «información». En primer lugar, la información genética es un conjunto de instrucciones que se encuentran almacenadas en el ADN de cada organismo, y que regulan su desarrollo, diferenciación y demás funciones vitales. Además, existen muchos procesos biológicos en los que se manifiesta la existencia de información, su almacenamiento en estructuras espaciales, su despliegue en múltiples procesos y la integración unitaria de diferentes informaciones: puede pensarse, por ejemplo, en los fenómenos de la comunicación celular, donde las instrucciones necesarias para el buen funcionamiento del organismo se transmiten, mediante procesos físicos que cada vez se conocen mejor, a través de primeros y de segundos mensajeros, de tal manera que existen cadenas altamente eficaces que funcionan de acuerdo con pautas previstas.

Este progreso tiene un doble interés filosófico. Por una parte, frente a la epistemología clásica, demasiado centrada en la física, la epistemología actual se desarrolla teniendo cada vez más en cuenta la biología. Esto resulta lógico, si consideramos en cuenta que los vivientes son los seres más perfectos de la naturaleza. Se comprende que en épocas anteriores la filosofía de la ciencia girase especialmente en torno a la física, y que sólo cuando la física y la química han progresado mucho haya podido también progresar seriamente la biología, volviendo a colocar a los vivientes en el puesto central que les corresponde, y a la biología en el centro de las ciencias naturales.

Por otra parte, el progreso científico se ha interpretado, durante siglos, como si descalificara a las reflexiones ligadas a la finalidad natural. No parecía haber lugar para la finalidad en la ciencia. Sin embargo, el progreso actual de la biología muestra que la naturaleza se encuentra completamente penetrada de dimensiones finalistas[29].

d) *La física del caos y de la complejidad*[30]

Otro ámbito revolucionario en la ciencia contemporánea es el estudio del *caos determinista*, que se encuentra relacionado con la *complejidad*, o sea, con la formación de sistemas cada vez más organizados. Se trata de un nuevo ámbito científico que se extiende a fenómenos muy diversos, y que tiene especial interés porque permite comprender la existencia y características de los diferentes niveles de organización que existen en la naturaleza. De todos modos, es importante señalar que, aunque con frecuencia se asocian el caos y la complejidad, su rela-

29. Cfr. M. ARTIGAS, *Filosofía de la naturaleza*, 4.ª ed. renovada, EUNSA, Pamplona 1998, apartado 28.1, pp. 245-251.

30. Sobre las teorías del caos, puede verse: J. P. CRUTCHFIELD, J. D. FARMER, N. H. PACKARD, R. S. SHAW, «Caos», *Investigación y Ciencia*, n.º 125 (feb. 1987), pp.16-29; J. GLEICK, *Caos: la creación de una ciencia*, Seix Barral, Barcelona 1988; P. BERGÉ, Y. POMEAU y C. VIDAL, *L'ordre dans le chaos*, Hermann, Paris, 1988; H. G. SCHUSTER, *Deterministic Chaos*, VCH Publishers, Weinheim, 1988.

ción es muy particular; no se trata del mismo tema, y la complejidad no se explica simplemente mediante el caos: la relación entre ambos temas consiste en que los estados complejos se encuentran en el límite entre el comportamiento periódico predecible y el caos impredecible.

Los estudios sobre el caos se desarrollaron especialmente a partir de los trabajos matemáticos de Edward Lorenz en 1963. Se trataba de ecuaciones diferenciales no lineales que no admitían soluciones periódicas estables. Aparecen trayectorias que permanecen en una región alrededor de las soluciones estacionarias, y son muy irregulares. Ese comportamiento no se debe a imprecisiones de cálculo. En esos fenómenos, trayectorias inicialmente cercanas divergen exponencialmente en el tiempo. La conclusión era que, aun tratándose de un sistema *determinista*, su evolución es intrínsecamente *impredecible*. Sólo se podría determinar la posición del sistema en un futuro lejano si se conocieran con total precisión las condiciones iniciales, pero esto es imposible, según el principio de indeterminación de la mecánica cuántica.

En 1971, David Ruelle y Floris Takens publicaron un artículo clásico, formulando una teoría general de lo que llamaban *atractores extraños*, de los que el atractor de Lorenz era un caso particular. En sistemas que disipan energía, las trayectorias son *atraídas* hacia una región, pero son extremadamente sensibles a las condiciones iniciales. Se denominan también *atractores caóticos* o *atractores fractales* (relacionados con la dimensión fractal de Mandelbrot).

En estas teorías, se denomina *caos* al comportamiento errático de unas trayectorias deterministas muy sensibles a las condiciones iniciales. Se trata de estudiar fenómenos caracterizados por un movimiento aparentemente aleatorio que se describe mediante ecuaciones deterministas. Por eso se habla de *caos determinista*. En estos fenómenos existen muchas regularidades que se observan experimentalmente y pueden ser tratadas matemáticamente. Se obtienen ecuaciones deterministas en las cuales, cuando existen pequeños cambios en las condiciones iniciales, surgen grandes desviaciones e imprevisibilidad.

Se han encontrado muchos modelos para el estudio de los fenómenos del caos. Se trata de fenómenos que se dan con abundancia en la naturaleza.

El caos es, por una parte, determinista, pero por otra, refleja un futuro incierto. Sugiere la existencia de una indeterminación en el mundo físico. Y permite comprender cómo, a partir de una colección bastante limitada de componentes y de leyes básicas, pueden llegar a formarse sistemas muy variados y que poseen muchos tipos de complejidad.

En las últimas décadas ha adquirido cada vez más importancia el estudio de la «autoorganización», cuyo análisis se puede relacionar con los conceptos de información, potencialidades y direccionalidad, que ocupan un lugar central en la filosofía de la naturaleza.

e) *La informática*

Ya se ha aludido a la importancia del concepto de *información* en biología. Se trata de un concepto que ocupa un lugar cada vez más destacado en la ciencia y en la filosofía de la naturaleza.

El concepto de *información* suele utilizarse en tres contextos que, si bien están relacionados, son diferentes. En primer lugar, tanto en la vida ordinaria como en las ciencias de la información, se relaciona con la *comunicación* de mensajes y, por tanto, con la acción de informar a alguien acerca de contenidos que tienen un significado. En segundo lugar, la *teoría de la información* estudia aspectos tecnológicos de la transmisión y tratamiento de mensajes, utilizando conceptos matemáticos relacionados con la teoría de la probabilidad. En tercer lugar, en las ciencias experimentales se utiliza cada vez más un concepto de información que equivale aproximadamente a un *programa* que guía la actividad natural: este concepto se comenzó a utilizar en la biología cuando se descubrió la existencia de la información genética, y se ha extendido también a otros dominios de la física y la química[31].

La «teoría de la información» trata del estudio científico de la información, y comprende el estudio del procesamiento y transmisión de información. La informática estudia ese ámbito científico y tecnológico, que ocupa un lugar cada vez más destacado en la vida ordinaria y en la ciencia contemporánea, y que incluye los ordenadores, las telecomunicaciones y la microelectrónica. Se trata de un conjunto de conocimientos y de aplicaciones tecnológicas que están provocando una revolución, tanto conceptual como práctica, de enorme magnitud en los diferentes ámbitos de la vida humana. Además, es un campo que se encuentra en constante y rápida expansión.

4.2. *Ética y biogenética*

Ya se ha señalado que el progreso de la biología ha conducido a un conjunto de nuevas aplicaciones que constituyen la «biotecnología», que se encuentra todavía en sus comienzos, pero que ya permite conseguir resultados de enorme importancia.

En la biotecnología se utilizan seres vivos para producir alimentos, medicinas y otros productos. Obviamente, algunos procesos de este tipo se han utiliza-

31. Sobre el concepto de «información» en biología, cfr. P. SCHUSTER, «Biological Information. Its Origin and Processing», en: C. WASSERMANN, R. KIRBY y B. RORDORFF (eds.), *The Science and Theology of Information*, Labor et Fides, Geneve 1992, pp. 45-57. Sobre la extensión del concepto de «información» a otros ámbitos científicos, puede verse: G. DEL RE, «Complexity, Organization, Information», en: G. V. COYNE y K. SCHMITZ-MOORMANN (eds.), *Origins, Time & Complexity*, part I, Labor et Fides, Geneve 1994, pp. 83-92.

do desde hace mucho tiempo; basta pensar en los procesos de fermentación utilizados a escala industrial. Los avances recientes se refieren especialmente a la «ingeniería genética», mediante la cual se manipula el ADN de los organismos con objetivos diversos, que van desde la producción de medicinas hasta la producción de otros vivientes mediante clonación.

Es evidente que la ingeniería genética plantea importantes problemas éticos que la sociedad está comenzando a afrontar. En este ámbito es especialmente importante contar con principios éticos adecuados, ya que, en caso contrario, fácilmente podría admitirse que todo lo que resulta técnicamente posible es también lícito, lo cual lleva a consecuencias éticamente desastrosas. La biotecnología proporciona instrumentos importantes para avanzar en los ámbitos de la salud y de la alimentación, pero plantea también serios desafíos morales. De este modo, el progreso científico contemporáneo muestra que la ciencia experimental, aunque posee una autonomía legítima, exige un complemento ético que no puede ser proporcionado por el mero progreso científico, y del cual depende, en medida cada vez mayor, que se consigan condiciones auténticamente dignas y conformes con las exigencias morales de la vida humana.

Capítulo III
La reflexión filosófica sobre la ciencia

La ciencia natural, la filosofía y la teología han sido cultivadas desde la Antigüedad griega, y desde entonces ha coexistido, junto con la ciencia, la reflexión filosófica acerca de la naturaleza y el alcance de la ciencia.

Sin embargo, el éxito creciente de la ciencia experimental moderna desde el siglo XVII ha creado una nueva situación. El término «ciencia» se ha aplicado cada vez de modo más exclusivo a la ciencia experimental. Las ciencias humanas han intentado desarrollarse siguiendo, en lo posible, el método de las ciencias naturales. Esta situación ha tenido importantes repercusiones en el ámbito filosófico.

La reflexión filosófica acerca de la ciencia experimental se ha encontrado muy condicionada por el grado de desarrollo de la ciencia en cada época, y por ideas filosóficas que han pretendido interpretar a la ciencia utilizando categorías preconcebidas en función de intereses ajenos a la ciencia. Además, hasta el siglo XX la filosofía de la ciencia ha sido elaborada de modo más bien esporádico, y sólo a partir de la década de 1920 ha sido cultivada de modo sistemático. No es de extrañar, por tanto, que en la actualidad la filosofía de la ciencia se centre en torno a los autores del siglo XX.

En este capítulo nos referiremos, en el primer apartado, a algunas ideas especialmente importantes en la filosofía de la ciencia anterior al siglo XX. Los apartados restantes están dedicados a analizar las posiciones principales de la epistemología contemporánea.

5. Diversas posiciones filosóficas ante la ciencia

Las ideas de Aristóteles sobre la ciencia ocuparon un lugar destacado hasta el siglo XVII. El nacimiento de la ciencia experimental moderna, en esa época, provocó interpretaciones que oscilaron entre los extremos representados por el racionalismo y el empirismo, corrientes que predominaron en los siglos XVII y XVIII. En el siglo XIX, el positivismo influyó notablemente en la idea que se tiene acerca de la ciencia, su valor, y su lugar dentro de la vida humana.

5.1. *Metafísica y ciencias particulares en Aristóteles*

Según Aristóteles (384-322 a. C.), la ciencia es conocimiento cierto por medio de causas. La ciencia rigurosa busca conocimientos universales y necesarios, que se obtienen cuando conocemos las causas propias. Existen cuatro grandes tipos de causas: dos causas intrínsecas, la material y la formal, y dos causas extrínsecas, la eficiente y la final. Explicar algo consiste en determinar las causas de su existencia, de su modo de ser y de su actividad.

Cuando estudiamos los modos concretos de ser obtenemos *ciencias particulares*, que se diferencian entre sí en función de su objeto y de la perspectiva que adoptan. Pero podemos dirigir nuestra atención también al ser mismo que se encuentra en todos los seres, y en ese caso adoptamos un enfoque metafísico. *La metafísica es ciencia*; más aún, es la ciencia más perfecta, porque estudia las condiciones generales del ser en cuanto tal, y por tanto obtiene conocimientos máximamente universales y necesarios que se refieren a las causas últimas de todo lo que existe. La teología natural, que estudia lo que se puede conocer de Dios por medio de la razón, es la culminación de la metafísica. Pero *la metafísica es también sabiduría*, ya que estudia los principios que son comunes a todas las ciencias particulares y ejerce, por tanto, una función ordenadora en la síntesis del saber.

Aristóteles propuso su doctrina de las cuatro causas en su *Metafísica*, donde estudia ampliamente los temas centrales de esa disciplina, y en la *Física*, donde expone la doctrina general acerca del mundo natural. Los aspectos más particulares del mundo natural se estudian en otras obras como *Sobre el alma*, *Sobre el cielo y el mundo*, etc. La filosofía de la ciencia aristotélica se encuentra principalmente en los *Segundos Analíticos*.

Según Aristóteles: «Consideramos tener ciencia sobre algo [...] cuando creemos conocer la causa en virtud de la cual es la cosa, que ella es efectivamente causa de aquella cosa, y que no es posible que fuera de modo distinto de como es... En consecuencia, es imposible que aquello de lo que hay ciencia en sentido propio sea diversamente de como es en realidad. Ahora, si hay algún otro modo distinto de tener ciencia (conocimiento intuitivo de los principios) lo diremos enseguida; por el momento decimos que tener ciencia es saber por demostración. Digo demostración al silogismo científico; llamo científico a aquel silogismo en base al cual, por el hecho de poseerlo, tenemos ciencia. Entonces, si tener ciencia es lo que hemos dicho (conocer la causa), es necesario que la ciencia demostrativa proceda de premisas verdaderas, primeras, inmediatas, más conocidas, anteriores y causa de las conclusiones. De tal modo, en efecto, los principios pertenecen también a lo demostrado. El silogismo, en efecto, subsiste también sin estas condiciones, mientras la demostración no puede subsistir sin ellas, ya que no produciría ciencia»[1].

1. ARISTÓTELES, *Segundos Analíticos*, I, 2, 71 b 9 (los paréntesis son añadidos al texto original).

De acuerdo con estas ideas, la física es principalmente, según Aristóteles, el estudio de la naturaleza desde un punto de vista filosófico. Es «filosofía natural», que estudia el modo de ser y las estructuras ontológicas que corresponden a los entes que están sujetos al cambio[2].

La astronomía antigua era la disciplina que más se asemejaba a la física moderna. Aunque sin duda se buscaba un conocimiento auténtico sobre los astros, la verdad más profunda quedaba reservada a la filosofía natural, donde se mezclaban reflexiones filosóficas válidas y conjeturas físicas carentes de fundamento. Las hipótesis astronómicas, en las que se utilizaban las matemáticas para determinar los movimientos de los astros, fueron generalmente consideradas como hipótesis que no podían alcanzar valor demostrativo, puesto que los mismos fenómenos observables podían ser explicados mediante hipótesis diferentes. En consecuencia, esas teorías sólo tendrían un valor hipotético; su finalidad era «salvar las apariencias», o sea, ser coherentes con los resultados de la observación.

5.2. *La demostración y la inducción en la epistemología aristotélica*

La demostración perfecta, según Aristóteles, parte de principios evidentes y se estructura a través de un razonamiento silogístico. Existen diferentes formas del razonamiento silogístico, que se estudian en la lógica, y que poseen diversos grados de fuerza lógica. El valor de las conclusiones del razonamiento dependerá del tipo de silogismo que se utilice.

Los principios que sirven como punto de partida de la demostración se obtienen por inducción a partir de la experiencia. En general, la *inducción* es un procedimiento por el que se pasa de casos particulares a ideas generales, y se opone a la *deducción*, que es el procedimiento inverso que va de lo más general a las consecuencias particulares. Aristóteles distingue diferentes tipos y funciones de la inducción[3].

En su conjunto, el método científico consiste en obtener principios generales mediante inducción a partir de la experiencia, utilizando lurgo, en un segundo paso, esos principios como premisas para deducir enunciados acerca de los objetos que se intenta explicar. De este modo se obtendrían las explicaciones causales que constituyen las demostraciones científicas. Por ejemplo, a partir de la observación podemos obtener enunciados acerca de las propiedades de la Tierra, la Luna y el Sol, y acerca de la propagación de la luz, a partir de los cuales podemos explicar por qué suceden los eclipses de Luna.

2. Cfr. ARISTÓTELES, *Física*, II, 1 y 2.
3. Se encuentra un estudio de las diferentes modalidades de la inducción en Aristóteles, y de su relación con la ciencia, en: H. ZAGAL, *Retórica, inducción y ciencia en Aristóteles: epistemología de la epogé*, Publicaciones Cruz, México 1993.

Aunque Aristóteles se ocupó de las matemáticas y atribuyó, correctamente, un lugar central a lo cuantitativo en el mundo natural, su ciencia era más bien cualitativa y otorgaba una función predominante a las explicaciones teleológicas o finalistas. Por este motivo, obtuvo muchos resultados interesantes en el estudio de los vivientes, ámbito que se podía estudiar en la Antigüedad sin necesidad de instrumentos especializados de observación, que no existían. En cambio, la aplicación de las ideas aristotélicas a la mecánica y a la astronomía no proporcionaron resultados apreciables. En el siglo XVII, la nueva ciencia se centró en la mecánica y en la astronomía, en polémica con las ideas de Aristóteles, lo cual contribuyó a la falsa idea, que sigue extendida hasta nuestros días, de que la influencia de Aristóteles obstaculizó el progreso de la ciencia durante dos mil años. No se puede negar que la nueva ciencia del siglo XVII tuvo que luchar contra la cerrazón de algunos aristotélicos que se obstinaban en defender las ideas aristotélicas utilizando argumentos de autoridad, pero esa actitud nada tenía que ver con la de Aristóteles, que se interesó seriamente por el estudio de la naturaleza y consiguió resultados apreciables para su época. Se comprende que Galileo, que combatió con especial dureza a algunos aristotélicos de su época, escribiera que él se consideraba más aristotélico que ellos, porque seguía más fielmente las ideas de su maestro en el estudio de la naturaleza.

5.3. *La ciencia en el racionalismo y en el empirismo*

El nacimiento de la ciencia experimental en el siglo XVII estuvo enmarcado en discusiones epistemológicas del tipo recién mencionado. La obra de Nicolás Copérnico (1473-1543) *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes* se publicó en 1543, año de su muerte, con un prólogo, escrito por Osiander, donde se afirmaba que las teorías allí expuestas eran solamente hipótesis matemáticas útiles para calcular los movimientos de los planetas, lo cual no parecía ir de acuerdo con las ideas del propio Copérnico. De hecho, esa interpretación no fue unánimemente aceptada. En particular, Johannes Kepler (1571-1630) y Galileo Galilei (1564-1642), dos de los grandes pioneros de la nueva ciencia, no la compartían. La nueva física se presentaba como un nuevo modo de conocer la naturaleza, afirmando su superioridad sobre la filosofía natural clásica e incluso arrebatándole el nombre: la expresión «filosofía natural» figuraba en el título de la obra principal de Isaac Newton (1642-1727), que marca el nacimiento definitivo de la ciencia moderna, los *Principios matemáticos de la filosofía natural*, obra publicada en 1687. La expresión «filosofía natural» fue corriente durante mucho tiempo para referirse a la nueva ciencia experimental. En este contexto, al subrayar la importancia de las matemáticas y de la experiencia en la nueva ciencia, con frecuencia se defendía, al mismo tiempo, una filosofía mecanicista equivocada, que negaba la realidad de las cualidades, las formas, las substancias y los fines, como si estos aspectos, subrayados por Aristóteles, fueran incompatibles con el progreso de la nueva ciencia.

Otros factores hacían aún más difícil la valoración de la nueva ciencia en el siglo XVII. La filosofía de René Descartes (1596-1650) ejerció un enorme influjo; de hecho, el cartesianismo dominó largo tiempo en Francia, cuando la mecánica de Newton ya había sido generalmente aceptada en el Reino Unido. También se dejaba sentir el impacto de Francis Bacon (1561-1626), quien postulaba una interpretación empirista e inductivista de la ciencia. El racionalismo cartesiano y el empirismo baconiano eran incapaces de explicar adecuadamente las características de la nueva ciencia.

De hecho, el nacimiento de la ciencia experimental moderna coincidió con el de la filosofía moderna que arranca de Descartes. Según el planteamiento de Descartes, quien intentaba construir una ciencia que mereciera un asentimiento universal, había que partir de la evidencia indudable de la existencia del sujeto pensante y, a partir de ahí, avanzar mediante la utilización de una lógica rigurosa y de «ideas claras y distintas» que, en el caso de la naturaleza, se relacionaban con las matemáticas. Dentro del planteamiento de Descartes, no estaba muy claro el papel que debía atribuirse a la experiencia. De hecho, Descartes influyó de diversos modos en el desarrollo de la ciencia que estaba naciendo, pero muchos aspectos concretos de su ciencia carecían de toda utilidad, lo cual se debía, en parte, al excesivo énfasis que ponía en el racionalismo.

Por el otro extremo, el empirismo preconizado por Francis Bacon, que fue seguido por los empiristas clásicos, como John Locke (1632-1704) y David Hume (1711-1776), parecía estar mucho más próximo a la verdadera naturaleza de la ciencia experimental, debido al énfasis en la experiencia. El mismo Newton afirmó que el método inductivo, de generalizaciones a partir de la observación, era una característica esencial de la nueva ciencia. Sin embargo, el empirismo no conseguía explicar la componente racional, que desempeña un papel fundamental en la ciencia: en efecto, la ciencia experimental exige que nosotros construyamos los conceptos, los enunciados, las teorías, y que los procedimientos experimentales que se utilizan para comprobar la validez de nuestras construcciones estén continuamente dirigidos por nuestras interpretaciones.

En el siglo XVIII los problemas se complicaron todavía más. Intentando formular una síntesis del racionalismo y del empirismo, Immanuel Kant (1724-1804) consideraba a la mecánica newtoniana como una adquisición que tenía un valor definitivo, afirmando que su método era el modelo al que debería ajustarse la metafísica para poder constituirse como ciencia rigurosa. Las características del espacio y tiempo absolutos de Newton fueron elevadas por Kant al nivel de condiciones que hacen posible todo conocimiento sensible y, en definitiva, la teoría kantiana pretendía justificar filosóficamente la validez de la mecánica de Newton[4]. Kant reivindicaba para la nueva física la universalidad y necesidad exi-

4. Cfr. J. VUILLEMIN, *Physique et métaphysique kantiennes*, Presses Universitaires de France, Paris 1955.

gidas por la ciencia clásica, aunque fuera al precio de construir toda una teoría del conocimiento adaptada a su fin, y que contenía, por tanto, no pocos elementos arbitrarios.

La ciencia experimental combina, de un modo peculiar, la teoría y la experimentación. El racionalismo y el empirismo clásicos insistían de modo excesivamente unilateral en uno de esos dos elementos, y no conseguían proporcionar una imagen adecuada de la nueva ciencia. Y la síntesis kantiana proponía una yuxtaposición de lo racional y lo empírico que resultaba poco satisfactoria y que, además, se encontraba demasiado condicionada por el estado de la física en ese momento. De este modo, aunque existieran contribuciones parciales valiosas, la filosofía de la ciencia no consiguió, durante los siglos XVII y XVIII, formular una imagen objetiva de la ciencia experimental.

5.4. *La epistemología positivista*

La situación se tornó aún más confusa en el siglo XIX. En efecto, el positivismo de Augusto Comte (1798-1857) representó una filosofía en donde la ciencia era utilizada ideológicamente. La ciencia se reducía, en esa perspectiva, a relacionar fenómenos observables, renunciando al conocimiento de causas. Evidentemente, si los científicos hubiesen aceptado tan drástica limitación, la naciente teoría atómica hubiera debido ser abandonada, y no se hubiese logrado avanzar en la microfísica, que actualmente se encuentra en la base de toda la ciencia experimental.

A pesar de las inconsecuencias señaladas, la influencia del racionalismo, del empirismo y del positivismo fue notable. Por ejemplo, en la década de 1920, el Círculo de Viena promovió un fuerte desarrollo de la filosofía de la ciencia. Tanto los miembros del Círculo como sus seguidores e incluso algunos de sus oponentes, como Karl Popper, se encontraban demasiado condicionados por los planteamientos mencionados, en unos casos porque admitían los enfoques empiristas y positivistas (motivo por el cual la filosofía del Círculo de Viena fue denominada «neopositivismo» y «empirismo lógico»), y en otros porque, aun criticando esas ideas (como en el caso de Popper), las reflexiones epistemológicas continuaban moviéndose en las coordenadas establecidas por el empirismo y el racionalismo clásicos.

En el fondo de la historia que se acaba de evocar sumariamente se encuentra un problema real, de gran envergadura: ¿en qué medida responde la ciencia experimental al ideal clásico de la ciencia como conocimiento demostrativo por medio de verdaderas causas?

Hay en este problema algo que parece desafiar a la lógica. Parece natural exigir, como lo hacía Aristóteles, que la base de las demostraciones sean «premisas verdaderas, primeras, inmediatas, más conocidas, anteriores y causas de las

conclusiones». Sin embargo, nada de esto sucede en la ciencia experimental. Por ejemplo, la mecánica newtoniana se basa en tres axiomas que, además de no ser evidentes, parecen desafiar al sentido común; en efecto, se postula que un cuerpo sobre el cual no actúe ninguna fuerza exterior, perseverará indefinidamente en movimiento rectilíneo con velocidad constante, si ya se encontraba en movimiento. Con el progreso ulterior de la ciencia, se introdujeron principios cada vez más alejados de toda evidencia. Tales principios se justifican mediante las consecuencias que de ellos se deducen, pero la lógica elemental basta para mostrar que, aun suponiendo que se compruebe experimentalmente que las consecuencias son correctas, ello no basta para demostrar la verdad de los principios.

Ante los ojos del lógico, nada resultaba más natural que aceptar las teorías como simples recursos para conseguir una «economía del pensamiento» en orden a la predicción de los fenómenos, tal como lo afirmó Ernst Mach, reduciendo su valor al hecho de que esas teorías consigan «salvar las apariencias» observables. Esa es la idea del positivismo, que propone la renuncia a explicaciones «metafísicas» para centrarse en lo único que está a nuestro alcance: relacionar fenómenos observables y utilizar ese conocimiento para conseguir un dominio controlado de los fenómenos. Pero, ¿cómo puede admitirse tal perspectiva, si las ciencias extienden más y más su alcance, consiguiendo conocimientos válidos que llegan hasta la estructura microfísica de los cuerpos y a los mecanismos de la vida?

Una posible solución a estos problemas sería afirmar que la ciencia experimental se ajusta al ideal clásico de ciencia, pero limitándose a utilizar el método hipotético deductivo. O sea, que utilizaría como principios básicos no unas premisas verdaderas conocidas como tales, sino hipótesis cuyo valor habría de juzgarse mediante las consecuencias que de ellas se deducen. En este caso, las demostraciones no serían concluyentes, y las hipótesis nunca se encontrarían definitivamente establecidas. ¿Es aceptable este punto de vista? En parte, lo es. Pero debe haber algo más. En efecto, existen leyes experimentales que se comprueban con enorme precisión, y pueden obtenerse substancias químicas de acuerdo con lo establecido por las teorías y de tal manera que se las manipula, de modo controlado, según las necesidades prácticas. Por consiguiente, parece que existen conocimientos científicos bien establecidos.

Es necesario, por tanto, examinar con mayor detenimiento la naturaleza y el alcance del conocimiento científico. Esta es la tarea central que se ha propuesto la filosofía de la ciencia, que se ha desarrollado como una nueva disciplina desde los comienzos del siglo XX.

6. Nacimiento y desarrollo sistemático de la filosofía de la ciencia

La moderna filosofía de la ciencia se ha constituido como disciplina con su propio objeto y tradición a raíz de los cambios experimentados por las ciencias a

principios del siglo XX. Los comienzos de esta disciplina se encontraron fuertemente condicionados por las revoluciones científicas del siglo XX y por las ideas positivistas del Círculo de Viena.

6.1. *La filosofía frente a las revoluciones de la ciencia del siglo XX*

El nacimiento de la filosofía de la ciencia como disciplina con carácter propio coincidió con la «crisis de fundamentos» que se dio en las ciencias a finales del siglo XIX y comienzos del XX. Se advirtió que conceptos fundamentales de la física clásica, que se consideraba como un edificio básicamente acabado y que proporcionaba el esqueleto de toda la ciencia natural, resultaban insuficientes. La teoría de la relatividad y la física cuántica introdujeron perspectivas revolucionarias en la física. Estos cambios fueron acompañados de reflexiones filosóficas acerca de los métodos y conceptos de la ciencia, y de ahí surgió un nuevo impulso para la consolidación de la filosofía de la ciencia como disciplina autónoma.

La física de Newton tuvo un éxito espectacular desde que fue formulada en 1687 hasta finales del siglo XIX. Se desarrolló la teoría y se consiguieron formulaciones cada vez mejores. A la vez, las aplicaciones prácticas eran importantes. Una de las confirmaciones más espectaculares de esa teoría fue el descubrimiento del planeta Neptuno en 1846, como consecuencia de cálculos teóricos: utilizando la teoría de Newton, Leverrier calculó que la órbita del planeta Urano sufría desviaciones que podrían explicarse postulando la existencia de un nuevo planeta, entonces desconocido, y calculó dónde debería encontrarse; cuando Galle lo observó, de acuerdo con las predicciones teóricas, la teoría de Newton pareció quedar definitivamente probada.

Sin embargo, a finales del siglo XIX se comenzó a dudar de la validez de algunos conceptos básicos de la física clásica. Newton había introducido los conceptos de espacio y tiempo absolutos, independientes de su contenido físico, lo que le permitía distinguir también un movimiento absoluto del movimiento meramente relativo. Pero esas ideas, junto con la noción de éter que se encontraba relacionada con ellas, entraron en crisis al ser analizadas más detenidamente, y se vinieron abajo cuando Michelson y Morley realizaron su famoso experimento. A partir de ahí, la formulación de la teoría de la relatividad pareció dar la razón a los empiristas que exigían que sólo se admitieran en la ciencia conceptos que pudieran definirse rigurosamente a partir de la observación.

En la línea empirista se situaba el físico e historiador de la ciencia Ernst Mach (1838-1916), quien ejerció una fuerte influencia que resultó importante para el nacimiento del Círculo de Viena. Como resultado, en buena parte, de la actividad de Mach, se formó en Viena una tradición filosófica que tenía un claro signo empirista y que se centraba en el estudio de los conceptos y métodos científicos. Mach publicó algunas obras que ejercieron gran influencia, tales como *La*

Mecánica: exposición histórico-crítica de su desarrollo, de 1883, *El análisis de las sensaciones*, de 1886, y *Conocimiento y error*, de 1905[5].

Mach sostenía una postura *fenomenista*: afirmaba que la ciencia sólo trata acerca de los fenómenos «fenómenos», de las apariencias tal como se presentan en la experiencia, de tal modo que toda pretensión de alcanzar una realidad más allá de las apariencias sería una pretensión «metafísica» imposible de ser realizada. Por eso Mach se opuso hasta sus últimos años a la teoría atómica, ya que los átomos le parecían ser unas realidades metafísicas que no eran experimentables y que deberían ser dejadas fuera de la consideración científica.

La posición de Mach también es *instrumentalista* porque sostiene que la ciencia tiene como finalidad simplemente la *economía del pensamiento*, o sea, enunciar leyes y teorías que ahorrarían muchas experiencias, pero de las cuales no se podría decir realmente que fueran verdaderas o falsas. La ciencia, en esta perspectiva, no sería otra cosa sino un instrumento útil para la adaptación biológica del hombre.

Una ciencia limitada a los fenómenos sin admitir preguntas acerca de la realidad que fueran más allá de la experiencia, una ciencia reducida a una herramienta útil sin dejar lugar para la valoración de la verdad: ésa es la perspectiva de Mach. Se le podría reconocer un cierto valor si sólo se pretendiese evitar que la ciencia experimental se vea implicada en problemas metafísicos que no son de su competencia; en este sentido, Mach realizó una vigorosa crítica de los conceptos newtonianos de espacio y tiempo absolutos como conceptos «metafísicos» no experimentables y que deberían ser desterrados de la ciencia, y de este modo dio un paso adelante que fue continuado, poco después, por la teoría de la relatividad de Einstein. Sin embargo, esa imagen de la ciencia resulta demasiado pobre cuando se pretende comprender la actividad científica real en su conjunto, y más todavía cuando se extraen de ella consecuencias filosóficas de carácter general acerca del valor del conocimiento humano.

En 1895 fue creada en la Universidad de Viena una cátedra de «Filosofía de las ciencias inductivas» para Mach, quien la ocupó hasta 1901. Así se extendió la influencia de la filosofía empirista y antimetafísica, centrada en el estudio del conocimiento científico, propugnada por Mach.

La influencia del empirismo en la interpretación de las revoluciones de la física en las primeras décadas del siglo XX fue notable. El mismo Einstein, en un primer momento, se inclinó por interpretaciones empiristas, aunque más adelante cambió de parecer. En la década de 1920, en el ámbito de la mecánica cuántica, Heisenberg propuso una formulación en la que se intentaba centrar todo en conceptos «observables», y la interpretación de Copenhague, propuesta por Bohr y

5. Se encuentran referencias al pensamiento de Mach en: M. ARTIGAS, «E. Mach y P. Duhem: el significado filosófico de la historia de la ciencia», en: S. L. JAKI, C. SÁNCHEZ DEL RÍO, J. A. JANIK, J. A. GONZALO y M. ARTIGAS, *Física y religión en perspectiva*, Rialp, Madrid 1991, pp. 99-119.

aceptada mayoritariamente hasta la actualidad, sostiene una interpretación de tipo instrumentalista.

Estas dos grandes revoluciones de la física, la relatividad y la teoría cuántica, proporcionaron abundante material para la reflexión filosófica y contribuyeron a que la naciente filosofía de la ciencia adquiriera una consistencia cada vez mayor. Posteriormente, otras revoluciones científicas del siglo XX, como la biología molecular y la física del caos, han desempeñado una función semejante como catalizadores de nuevas ideas en la filosofía de la ciencia.

6.2. *Corrientes convencionalistas de principios del siglo XX*

El nacimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII estuvo acompañado por una polémica en torno a su alcance. Copérnico tardó en publicar su obra *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*, porque, como él mismo explica en la dedicatoria al papa Pablo III, dudó mucho, pensando en la oposición que podía suscitar la teoría heliocéntrica, pero le estimularon a publicarla el cardenal de Capua y Tiedemann Giese, obispo de Culm, y muchos otros: «Decían que, cuanto más absurda pareciera ahora a muchos esta doctrina mía sobre el movimiento de la tierra, tanta más admiración y favor tendría despues de que, por la edición de mis comentarios, vieran levantada la niebla del absurdo por las clarísimas demostraciones. En consecuencia, convencido por aquellas persuasiones y con esta esperanza, permití a mis amigos que hiciesen la edición de la obra que me habían pedido tanto tiempo». Copérnico pensaba que podría haber «charlatanes que, aun siendo ignorantes de todas las matemáticas, presumiendo de un juicio sobre ellas por algún pasaje de las Escrituras, malignamente distorsionado de su sentido, se atrevieran a rechazar y atacar esta estructuración mía», pero advertía: «... no hago en absoluto caso de ellos, hasta el punto de que condenaré su juicio como temerario»[6]. Sin embargo, la obra sólo fue publicada cuando Copérnico estaba próximo a morir, e iba precedida de una advertencia al lector que, durante cierto tiempo, se creyó que era del propio Copérnico, aunque luego se supo que había sido añadida por Andreas Osiander. Allí se dice que el autor ha conseguido calcular la historia de los movimientos celestes y sus causas de modo hipotético y, con tales supuestos, calcular los movimientos tanto pasados como futuros; se añade que no es necesario que esas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera que sean verosímiles, sino que basta con que muestren un cálculo coincidente con las observaciones, dado que ese tipo de arte no conoce completa y absolutamente las causas, y sólo pretende «establecer correctamente el cálculo»; y se dice claramente: «Y no espere nadie, en lo que respecta a las hipótesis, algo cierto de la astronomía, pues no puede proporcionarlo»[7].

6. N. COPÉRNICO, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Tecnos, Madrid 1987, pp. 8 y 11.
7. Ibíd., pp. 3-4.

Todo el caso de Galileo gira alrededor de este problema. Galileo estaba convencido de la verdad del heliocentrismo, e intentó probar la verdad de esa teoría, sin conseguirlo plenamente. No hubiera tenido ningún problema si se hubiera contentado con presentar el heliocentrismo, en la línea de Osiander, como un simple modelo útil para los cálculos de los movimientos astronómicos, tal como lo sugería el cardenal Bellarmino. Sin embargo, buscaba establecer un conocimiento verdadero de la naturaleza.

El *convencionalismo* afirma que las construcciones científicas son solamente convenciones útiles para el dominio de la naturaleza, sin que pueda decirse que son verdaderas. El *instrumentalismo* es una doctrina semejante, según la cual las teorías son sólo instrumentos que sirven para conseguir objetivos prácticos. El final de la hegemonía de la física clásica coincidió con el auge de doctrinas convencionalistas e instrumentalistas, a finales del siglo XIX y principios del XX. En esa época, tales doctrinas estuvieron representadas principalmente por Ernst Mach (1838-1916), Henri Poincaré (1854-1912) y Pierre Duhem (1861-1916). Los tres autores eran científicos de primera fila y llegaron a conclusiones similares a partir del análisis de la física matemática, que era su especialidad: concretamente, afirmaban que, mediante la pura lógica, no se puede demostrar la verdad ni la falsedad de los enunciados científicos. Aunque su trasfondo filosófico era muy diferente, los tres suscribirían la afirmación que Duhem expresó de este modo: «... toda ley física es una ley aproximada; por consiguiente, en pura lógica, no puede ser verdadera ni falsa; cualquier otra ley que represente las mismas experiencias con la misma aproximación puede pretender, con tanto derecho como la primera, el título de ley verdadera, o, para hablar más exactamente, de ley aceptable»[8].

Esos autores se referían directamente a la física matemática, donde intervienen construcciones nuestras que difícilmente pueden ser consideradas como una especie de reproducción de la realidad. Duhem estudió las concepciones acerca de la física desde la Antigüedad hasta Galileo[9], y señaló que no se puede demostrar la verdad de las hipótesis físicas mediante datos de observación, ya que siempre es posible formular teorías diferentes que den razón de los mismos datos. En su caso se trataba, sin embargo, de un convencionalismo moderado, porque Duhem afirmaba que, a medida que la ciencia progresa, las teorías físicas se acercan a la representación del orden que realmente existe en la naturaleza. Duhem afirmaba la existencia de un orden natural objetivo que viene reflejado en los enunciados científicos: era un realista que admitía también el valor de la filosofía como conocimiento de la realidad[10]. Por eso, es importante notar

8. P. DUHEM, *La théorie physique. Son objet. Sa structure, Rivière*, Paris 1914, p. 259. Puede verse también: íd., *Traité d'Energétique ou de Thermodynamique générale*, Gauthier-Villars, Paris 1911, tomo I, pp. 1-5.

9. Íd., *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, cit.

10. Cfr. íd., *La théorie physique*, cit., pp. 35, 37-38 y 40. La epistemología de Duhem ha sido frecuentemente malentendida. Puede encontrarse una valoración muy documentada en la obra, ya citada:

cómo precisa que su afirmación vale «en pura lógica» (en el original, «pour le strict logicien»).

Los problemas planteados por el convencionalismo y el instrumentalismo siguen siendo actuales, y deben ser tenidos en cuenta cuando se intenta delimitar el alcance de la verdad científica.

6.3. *El Círculo de Viena y la herencia del positivismo lógico*[11]

El empirismo fue una de las tesis principales propuestas por el Círculo de Viena, cuyo manifiesto programático, escrito por Rudolf Carnap, Hans Hahn y Otto Neurath, titulado *La concepción científica del mundo*, fue publicado en 1929 con ocasión de una conferencia de la Sociedad Ernst Mach de Viena y de la Sociedad para la Filosofía Empírica de Berlín, que tuvo lugar en Praga los días 15 y 16 de septiembre de 1929[12]. La publicación de ese manifiesto señaló el nacimiento del Círculo de Viena, que era un grupo de científicos y filósofos reunidos alrededor de Moritz Schlick, quien había sido nombrado en 1922 para la cátedra de «Filosofía de las ciencias inductivas» (que había sido creada para Ernst Mach) en la Universidad de Viena. Ese nombre da idea del papel que se suponía que desempeñaba la inducción en las ciencias experimentales, que habían sido denominadas «ciencias inductivas» durante mucho tiempo. Se suponía que la ciencia experimental procede mediante generalizaciones a partir de datos de experiencia, de acuerdo con el ideal propuesto por Francis Bacon en la época del nacimiento de la ciencia moderna.

La interpretación empirista de la ciencia, en su versión inductivista, fue considerada como un rasgo central del método científico por los miembros del Círculo de Viena. Pensaban que los nuevos desarrollos de la lógica permitían mostrar que el conocimiento obtenido de acuerdo con las reglas empiristas era el único tipo de conocimiento legítimo: se podría mostrar que cualquier otra pretensión de conocimiento carecía de sentido aplicando lo que denominaron *criterio empirista de significado*, que, según decían, permitía clasificar todos los enunciados como «con sentido» o «sin sentido». Los enunciados con sentido se referirían a estados de cosas que pueden verificarse empíricamente, y podrían ser verdaderos o

S. L. JAKI, *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, 2.ª ed., Nijhoff, La Haya 1987. Cfr. también: M. ARTIGAS, «Pierre Duhem: The Philosophical Meaning of two Historical Theses», *Epistemologia*, 10 (1987), pp. 89-97; F. J. LÓPEZ, *Fin de la teoría según Pierre Duhem*, Pontificia Università della Santa Croce, Roma 1998.

11. Cfr. M. ARTIGAS, «La visión científica del mundo. El Círculo de Viena» en *El desafío de la racionalidad*, 2ª ed., EUNSA, Pamplona 1999, pp. 23-44.

12. R. CARNAP, H. HAHN y O. NEURATH, *The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle*, reproducido en: O. NEURATH, *Empiricism and Sociology*, editado por M. NEURATH y R. S. COHEN, Reidel, Dordrecht 1973, pp. 298-318.

falsos. En cambio, los enunciados sin sentido serían enunciados mal construidos desde el punto de vista de la lógica: no corresponderían a estados de cosas que se pudieran comprobar empíricamente y, por consiguiente, no podrían ser verdaderos ni falsos. Además, la verificación empírica consistiría en una reducción lógica a los datos de los sentidos, que eran considerados como «lo dado» en la experiencia. Por ejemplo, Moritz Schlick escribió: «Considero que el legítimo, inatacable elemento nuclear de la tendencia "positivista", reside en el principio de que el sentido de toda proposición se halla totalmente contenido en su verificación mediante lo dado» [13]. Aunque Schlick lamentaba que ese principio hubiese sido objeto de frecuentes malentendidos, formuló sus ideas de un modo muy directo que dejaba pocas dudas acerca de su intento: «El acto de verificación en el que desemboca finalmente el camino seguido para la resolución del problema siempre es de la misma clase: es el acaecimiento de un hecho definido comprobado por la observación, por la vivencia inmediata. De esta manera queda determinada la verdad (o la falsedad) de todo enunciado, de la vida diaria o de la ciencia. No hay, pues, otra prueba y confirmación de las verdades que no sea la observación y la ciencia empírica. Toda ciencia (en cuanto referimos esta palabra al contenido y no a los dispositivos humanos para llegar a él) es un sistema de conocimientos, esto es, de proposiciones empíricas verdaderas» [14].

En el manifiesto programático del Círculo, se alababa a Ernst Mach, el físico, filósofo e historiador de la ciencia que fue un precursor del Círculo de Viena, por «sus investigaciones sobre la construcción de los conceptos científicos a partir de elementos últimos, concretamente los datos de los sentidos». También podemos leer allí que los enunciados de la ciencia, que serían los únicos dotados de sentido, pueden ser reducidos «a los enunciados más simples acerca de lo dado empíricamente». Los autores se presentaban a sí mismos como empiristas y positivistas porque afirmaban que «sólo hay conocimiento a partir de la experiencia, que descansa sobre lo inmediatamente dado», añadiendo que «el significado de cualquier enunciado de la ciencia debe poder ser reducido a enunciados acerca de lo dado» [15].

En un artículo dedicado a mostrar que la nueva lógica era el instrumento que haría posible lograr la revolución intelectual que proponían los neopositivistas, Rudolf Carnap escribió: «Al analizar los conceptos de la ciencia, se ha demostrado que todos esos conceptos, no importa que pertenezcan, de acuerdo con la clasificación habitual, ya sea a las ciencias naturales, a la psicología o a las ciencias sociales, pueden ser referidos a una base común, puesto que pueden re-

13. M. SCHLICK, «Positivismo y realismo», en: A. J. AYER (ed.), *El positivismo lógico*, Fondo de Cultura Económica, México 1965, p. 113.

14. Íd., «El viraje de la filosofía», en A. J. AYER (ed.), *El positivismo lógico*, cit., p. 62.

15. R. CARNAP, H. HAHN y O. NEURATH, *The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle*, cit., pp. 302, 306-307 y 309.

trotraerse a *conceptos radicales* (básicos) que se refieren a “lo dado”, es decir, a los contenidos inmediatos de la vivencia» [16].

Sin embargo, el intento de reducir los enunciados y teorías de la ciencia a datos sensibles, obtenidos mediante vivencias inmediatas de experiencia, condujo repetidamente a callejones sin salida. En efecto, como los conceptos, los enunciados y las teorías de la ciencia no pueden reducirse de modo puramente lógico a experiencias sensibles, la interpretación empirista de la ciencia actúa como una camisa de fuerza que no puede explicar los logros de la ciencia y, si se la toma en serio, haría imposible el ulterior progreso científico. La posición primitiva del Círculo de Viena estaba completamente equivocada, y en seguida debió afrontar severas críticas. El resultado fue que los neopositivistas se sintieron obligados a cambiar sus ideas. Por ejemplo, Carnap formuló una nueva versión de ellas en su artículo «Contrastabilidad y significado» (1936-1937). Pero los sucesivos intentos de reconstruir las ciencias de acuerdo con las exigencias empiristas siempre conducían a nuevas dificultades. Años más tarde, Carl G. Hempel dedicó un estudio a describir esas dificultades, y reconoció finalmente que: «Un estudio más detenido de este punto sugiere fuertemente que, de manera muy parecida a la distinción analítico-sintética, la idea de la significatividad cognoscitiva, con su insinuación de una distinción radical entre oraciones o sistemas de oraciones significativas y no significativas, ha perdido su carácter prometedor y su fecundidad como *explicandum*» [17]. Lo cual equivalía a reconocer el fracaso del programa original del Círculo.

Mientras tanto, debido a las circunstancias políticas de Europa en la década de 1930, algunos de los principales neopositivistas emigraron a los Estados Unidos de América y ejercieron una fuerte influencia sobre el desarrollo de la filosofía de la ciencia desde sus nuevos puestos. Uno de ellos, Herbert Feigl, dijo que el espíritu del empirismo lógico era flexible y capaz de evolucionar, añadiendo que consistía básicamente en la «cosmovisión científica» o la «perspectiva científica», que continuaba en el siglo XX el espíritu de la Ilustración del siglo XVIII. Según Feigl, la perspectiva científica constituía un amplio movimiento que podía incluir diferentes posiciones pragmatistas y naturalistas que, en todo caso, coincidirían en su rechazo de la metafísica y de la teología como algo precientífico [18].

El ensayo recién citado de Feigl era uno de los dos ensayos introductorios a la antología *Lecturas en la filosofía de la ciencia*, publicada en Nueva York en 1953. Sin embargo, los falsos problemas creados por los neopositivistas no han

16. R. CARNAP, «La antigua y la nueva lógica», en: A. J. AYER (ed.), *El positivismo lógico*, cit., p. 149.

17. C. G. HEMPEL, «Problemas y cambios en el criterio empirista de significado», en: *El positivismo lógico*, cit., p. 134.

18. H. FEIGL, «The Scientific Outlook: Naturalism and Humanism», en: H. FEIGL y M. BRODBECK (eds.), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton-Century-Crofts, New York 1953, pp. 4 y 9-10.

desaparecido completamente del escenario epistemológico. De hecho, en la introducción de una antología mucho más amplia publicada unos cuarenta años más tarde, en 1991, leemos: «Nuestro modelo para esta antología ha sido *Lecturas en la filosofía de la ciencia* de Feigl y Brodbeck [...] Durante los años 1950 y 1960, cuando el campo estaba dominado por los sofisticados desarrollos de la filosofía de la ciencia positivista, la antología de Feigl y Brodbeck representó una colección casi ideal de lecturas para cualquier curso serio introductorio de filosofía de la ciencia [...] Como sabemos por nuestra experiencia con él como estudiantes y profesores, el de Feigl y Brodbeck era un libro de texto maravilloso» [19].

Los autores de la antología de 1991 afirman que la vieja antología era el producto de un breve período de consenso positivista en la filosofía de la ciencia, y añaden que ahora ha emergido un nuevo consenso. Podemos preguntarnos, sin embargo, cómo puede considerarse «casi ideal» y «maravillosa» una antología que incluía muchos ensayos escritos por filósofos de tendencia positivista. Una respuesta posible es que existe cierta continuidad entre las dos antologías con respecto a algunos temas básicos: los neopositivistas subrayaron claramente su intención anti-metafísica y anti-teológica, y ahora, en la introducción a la nueva antología, encontramos varias referencias al éxito de la perspectiva materialista. Así, se nos dice que uno de los principales puntos de acuerdo en el nuevo consenso en la filosofía de la ciencia es que «las concepciones materialistas tanto en los asuntos biológicos como psicológicos se encuentran bien confirmadas», y también hay referencias a «la concepción actual acerca de la posibilidad del materialismo no reduccionista», y a «tratamientos recientes antirreduccionistas del materialismo», como si el no-reduccionismo pudiese bastar para proporcionar respetabilidad a las ideas materialistas en la filosofía de la mente [20].

La actitud anti-metafísica y anti-teológica fue presentada por los neopositivistas como la nueva «concepción científica del mundo». No era una casualidad. Más bien, era una de las ideas principales del manifiesto programático del Círculo de Viena. De hecho, en el comienzo mismo del manifiesto y varias veces después, hay alusiones explícitas al carácter antimetafísico y antiteológico de la perspectiva científica, que se opone a la metafísica y a la teología como «el espíritu opuesto de ilustración y de investigación factual antimetafísica», y el «espíritu de una concepción científica del mundo» [21]. El manifiesto describe el nacimiento del Círculo en torno a Schlick como la reunión de miembros que, aun teniendo opiniones diferentes, coincidían en la dirección de «una concepción científica del mundo», de tal modo que: «Cada vez quedaba más claro que el objetivo común a todos era una posición no sólo libre de metafísica, sino opuesta a

19. R. Boyd, P. Gasper, y J. D. Trout (eds.), *The Philosophy of Science*, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts) 1991, p. xi.

20. Ibíd., p. xiii.

21. R. Carnap, H. Hahn y O. Neurath, *The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle*, cit., p. 301.

la metafísica [...] El Círculo de Viena no se limita al trabajo colectivo como un grupo cerrado. Está intentando también contactar con los movimientos vivos del presente, en la medida en que ellos estén bien dispuestos con respecto a la concepción científica del mundo y se aparten de la metafísica y la teología»[22].

Pero las ideas antimetafísicas y antiteológicas no tienen nada que ver con la ciencia, y cuando se presentan como si fuesen una consecuencia del progreso científico, se convierten en una doctrina pseudocientífica. Además, la imagen de la ciencia que debe construirse para apoyar esa ideología pseudo-científica se basa sobre fundamentos arbitrarios, y si se pusiese en práctica, actuaría sobre la ciencia como una camisa de fuerza paralizante, porque los métodos de la ciencia experimental son mucho más ricos que sus sustitutos empiristas o positivistas. Siendo amigo de algunos de los miembros del Círculo de Viena y siendo agnóstico, Karl R. Popper hizo notar en su libro *La lógica de la investigación científica*, publicado en 1934, que «los positivistas, en sus ansias de aniquilar la metafísica, aniquilan juntamente con ella la ciencia natural»[23].

De hecho, las dificultades de las perspectivas empirista y positivista no se deben a detalles particulares. La perspectiva global está equivocada. No podemos construir un solo concepto de la ciencia empírica siguiendo las exigencias del empirismo riguroso. La observación y la lógica desempeñan un papel central en la ciencia experimental, pero la empresa científica incluye en cada uno de sus pasos una fuerte dosis de creatividad e interpretación que no puede reducirse a operaciones mecánicas o sólo a lógica formal.

Según la estimación común, el neopositivismo ha muerto hace tiempo. Parece que sus defensores cambiaron de idea, y otras perspectivas muy diferentes, e incluso opuestas al positivismo, ocuparon el lugar central en la epistemología. Sin embargo, no podemos olvidarlo si queremos entender la situación contemporánea. Por una parte, la evolución del neopositivismo no fue una retirada completa de las posiciones primitivas. Por ejemplo, Rudolf Carnap, uno de los dirigentes del Círculo de Viena que emigraron a los Estados Unidos, escribió en 1961, en la introducción a una nueva impresión de su obra clásica *La estructura lógica del mundo* que, en aquel momento, todavía estaba de acuerdo con la orientación filosófica del libro, especialmente con los problemas planteados y el método empleado, y recordaba al lector que el problema principal se refiere a la posibilidad de una reconstrucción racional de los conceptos de cualquier campo del conocimiento sobre la base de conceptos que se refieren a lo inmediatamente dado[24].

Por otra parte, las nuevas doctrinas que se originaron a partir de la evolución del neopositivismo ejercieron un impacto enorme, que todavía se siente en la ac-

22. Ibíd., pp. 304-305.
23. K. R. Popper, *La lógica de la investigación científica*, Tecnos, Madrid 1977, p. 36.
24. R. Carnap, *The Logical Structure of the World and Pseudoproblems in Philosophy*, Routledge, London 1967, p. v.

tualidad. Por tanto, nuestros problemas presentes sólo pueden ser comprendidos y resueltos si advertimos los defectos principales de la posición positivista. Esos defectos se refieren a la relación entre las construcciones teóricas y la evidencia empírica. Esta relación es mucho más compleja de lo que pensaban los positivistas, y sólo puede ser representada adecuadamente si captamos el papel de la creatividad y de la interpretación en la ciencia experimental. Al mismo tiempo, el fracaso del neopositivismo muestra claramente que la metafísica y la teología no pueden ser demolidas en nombre de una filosofía empirista cuyas tesis principales no sobreviven la prueba cuando son examinadas de modo crítico a la luz de sus propios criterios.

6.4. *El instrumentalismo epistemológico*

Ya se ha advertido que el convencionalismo se encuentra estrechamente relacionado con el instrumentalismo. Uno y otro niegan que se pueda hablar de *verdad científica*, y reducen los enunciados de la ciencia a construcciones nuestras que tendrían un valor puramente convencional como instrumentos útiles para lograr el dominio sobre la naturaleza.

El auge del convencionalismo en los comienzos del siglo XX no fue un hecho aislado. Las tendencias convencionalistas e instrumentalistas se encuentran presentes en la filosofía de la ciencia posterior. El motivo es fácil de comprender. En efecto, en las ramas más desarrolladas de la ciencia, sobre todo en las grandes teorías de la física matemática, necesitamos recurrir a modelos y construcciones muy abstractos, cuya relación con la realidad es bastante indirecta. Parece lógico, por tanto, negar que esas construcciones teóricas sean una simple traducción de la realidad.

Sin embargo, es indudable que la ciencia experimental proporciona un conocimiento auténtico de la realidad. Además, el gran desarrollo de la biología y de otras disciplinas científicas que estudian los sistemas naturales organizados proporciona nuevos modelos y construcciones que tienen un sentido realista mucho más directo que las construcciones de la física matemática.

De hecho, las discusiones en torno al *realismo* ocupan un lugar central en la epistemología actual, y deberemos dedicarles una atención preferente. Pero antes vamos a analizar el desarrollo de la epistemología contemporánea posterior al Círculo de Viena.

7. Principales corrientes actuales de la filosofía de la ciencia

En la epistemología contemporánea se han propuesto muchas interpretaciones diferentes, pero existe un consenso generalizado en considerar como espe-

cialmente influyentes las de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Paul Feyerabend. De hecho, en estas posiciones se han formulado los problemas y soluciones principales que se encuentran presentes en otras doctrinas, que se centran, sobre todo, en torno a dos grandes cuestiones: el valor del conocimiento científico (problema del *realismo* frente al *instrumentalismo* y al *convencionalismo*), y las repercusiones que el carácter social de la ciencia tiene en vistas a la valoración de la ciencia.

7.1. *El racionalismo crítico de Karl R. Popper*[25]

Karl R. Popper (1902-1994) no formó parte del Círculo de Viena ni fue neopositivista. Sin embargo, tuvo mucha relación con miembros del Círculo, quienes le estimularon a escribir su primera obra, *La lógica de la investigación científica*, y la publicaron en 1934 en la colección de libros que dirigían. Compartía con los positivistas un gran interés por la ciencia y por la filosofía de la ciencia, pero se diferenciaba de ellos en que, aun siendo agnóstico, no adoptó una posición anti-teológica ni anti-metafísica: pensaba que la metafísica es un campo legítimo e importante de problemas, y discutió muchos problemas metafísicos a lo largo de su vida.

Popper tuvo una gran preocupación por los problemas sociales. Siendo muy joven fue socialista e incluso, durante la primavera de 1919, colaboró estrechamente con los jefes del partido comunista en Viena, atraido por su propaganda pacifista. La actitud de esos jefes le apartó completamente, sin embargo, del comunismo y del marxismo, cuando vio su reacción ante la muerte de varios jóvenes en una manifestación de protesta en la que la policía cargó contra los manifestantes: él estaba horrorizado, pero los jefes le dijeron que así se aceleraba la causa por la que luchaban. Se preguntó con qué derecho se ponía en juego la vida de las personas en nombre de una teoría, el comunismo, que se presentaba como científica, y comenzó a estudiar seriamente el marxismo. El resultado fueron dos obras: *La miseria del historicismo* (1944-1945), y *La sociedad abierta y sus enemigos* (1945), donde critica fuertemente el carácter pseudo-científico del marxismo y, en general, del historicismo que afirma la existencia de leyes necesarias de la historia (Popper escribió estas dos obras en Nueva Zelanda, a donde se había exiliado en 1937, y donde trabajó hasta que, en 1946, fue contratado por la *London School of Economics and Political Science*, donde ejerció la docencia hasta su jubilación).

La lógica de la ciencia contenida en su obra de 1934 y la ética social de sus obras de 1944-1945 se encuentran estrechamente relacionadas. En ambos casos,

25. Cfr. M. ARTIGAS, *Karl Popper: Búsqueda sin término*, 2.ª ed., Magisterio Español, Madrid 1995; íd., «La actividad racional. Karl R. Popper« en *El desafío de la racionalidad*, cit., pp. 45-70.

Popper se opone a las posiciones que considera dogmáticas y autoritarias, que obstaculizan la libertad, la creatividad y el progreso. Cuando Popper afirma que su posición, a la que denomina «racionalismo crítico», se basa en una «fe en la razón» que implica una «decisión moral», se refiere a la actitud de razonabilidad con todo lo que implica de respeto por la libertad, la justicia, la igualdad, la paz, así como de oposición a la violencia[26]. La oposición a la violencia y al totalitarismo va unida a su teoría de la ciencia. En efecto, el eje de su epistemología se encuentra en lo que él denomina la «asimetría lógica entre verificación y falsación»; con esta expresión indica que, en virtud de las reglas elementales de la lógica, nunca podemos demostrar la verdad de una proposición universal de la ciencia y, en cambio, un solo contraejemplo basta para mostrar que esa proposición es falsa o contiene alguna falsedad. A partir de ahí, Popper sostiene que las teorías científicas nunca se pueden verificar (tal como pretendían los neopositivistas), de modo que el progreso científico no consistirá en obtener enunciados ciertos mediante el método inductivo; consistirá, más bien, en proponer hipótesis audaces que van mucho más allá de lo que manifiesta la experiencia, y en someterlas a control experimental para detectar los errores que contienen: el progreso se alcanza mediante en método de «ensayo y eliminación de error», o de «conjeturas y refutaciones»[27], a través de la progresiva eliminación de errores en un proceso que es una «búsqueda sin término»[28] porque no tiene fin. Según Popper, nunca llegamos a conocimientos definitivos o ciertos, y cuando esto se aplica a la teoría social, debe conducir a la «sociedad abierta», basada en la tolerancia y en la apertura a la crítica, donde se evita cualquier forma de autoritarismo.

Popper tiene razón al subrayar la importancia del «método hipotético-deductivo» para progresar en el conocimiento. Este método se emplea continuamente en la ciencia. Ante los problemas que encontramos, debemos formular hipótesis cuya verdad no podemos conocer de antemano; por tanto, para comprobar la verdad de esas teorías, debemos considerarlas como hipótesis a partir de las cuales deducimos consecuencias particulares (de ahí el nombre de «método hipotético-deductivo»), y debemos intentar comprobar la verdad de esas consecuencias. Pero, como advierte Popper y es bien conocido desde hace siglos (incluso, como hemos visto, Tomás de Aquino lo subraya en su *Suma teológica*), mediante este método, partiendo de los fenómenos observados no podemos llegar a conclusiones completamente ciertas, porque siempre es posible que los fenómenos se expliquen mediante causas diferentes de las que nosotros postulamos.

26. Se encuentra un análisis de esta cuestión, que incluye un importante texto inédito de Popper, en: M. ARTIGAS, *Lógica y ética en Karl Popper*, EUNSA, Pamplona 1998.

27. Es el título de una de sus obras principales: K. POPPER, *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*, Paidós, Barcelona 1983 (original de 1963).

28. Es el título de su autobiografía intelectual: K. Popper, *Búsqueda sin término*, Tecnos, Madrid 1977 (original de 1974).

De todos modos, Popper insiste excesivamente en el carácter conjetural de nuestro conocimiento. Aunque su argumentación es bastante consistente desde el punto de vista de la pura lógica formal, también es cierto que, en no pocos casos, podemos obtener conocimientos verdaderos y podemos saber que los hemos obtenido. Popper es realista, admite la existencia de una verdad objetiva, y afirma que, seguramente, alcanzamos a veces conocimientos verdaderos, pero se niega en redondo a admitir que podamos alcanzar ningún tipo de certeza: nunca podremos estar seguros de estar en la verdad, aunque de hecho la hayamos alcanzado. Esta posición es exagerada. Desde luego, nuestro conocimiento es siempre limitado y perfectible y, en ese sentido, hemos de estar siempre dispuestos a admitir eventuales complementos e incluso correcciones. Pero eso no significa que nunca podemos alcanzar la certeza. Popper se encuentra prisionero del concepto racionalista de certeza, que identifica la certeza legítima con una demostrabilidad lógica total, con un conocimiento absolutamente perfecto. Ciertamente, el conocimiento humano no es de ese tipo, pero podemos alcanzar conocimientos verdaderos y saber que los hemos alcanzado, aunque esos conocimientos sean siempre parciales y perfectibles.

La epistemología de Popper es «falsacionista» porque niega que sea posible «verificar» los enunciados científicos y afirma, en cambio, que la «falsación» de esos enunciados, que lleva consigo la detección de errores, es el camino para el progreso científico. También es «falibilista» porque niega que exista ninguna certeza legítima: nuestro conocimiento es siempre falible, nunca podemos llegar a verdades definitivas. Pero tanto el falsacionismo como el falibilismo son insostenibles en su estado puro, porque podemos alcanzar conocimientos que son verdaderos, aunque sean también parciales y perfectibles, y podemos alcanzar distintos tipos de certeza en esos conocimientos, en función del tipo de problemas de que se trate: la certeza metafísica se refiere a verdades metafísicas que no pueden ser de otro modo, la certeza física se refiere a comportamientos naturales que están sometidos a la contingencia propia de lo material, y la certeza moral se refiere al comportamiento moral de agentes que son libres y pueden autodeterminarse a obrar sin estar sujetos a la pura necesidad.

Si el falsacionismo de Popper se considera como una propuesta metodológica, se trata de una propuesta saludable que puede ayudar en el trabajo científico; así lo han reconocido prestigiosos científicos, entre los cuales se cuentan premios Nobel como sir John Eccles y sir Peter Medawar, que han encontrado en la epistemología de Popper una ayuda para su trabajo científico. Los problemas surgen cuando se pretende que el falsacionismo proporciona una imagen de todos los aspectos principales de la ciencia experimental. Algo semejante puede decirse del falibilismo.

En definitiva, el «racionalismo crítico» de Popper es válido cuando significa la «actitud de razonabilidad» que lleva a la apertura mental ante nuevos datos y argumentos, evitando el anquilosamiento dogmático que se estanca en lo adquiri-

do como si fuera definitivo y no se pudiera progresar más. Sin embargo, puede provocar confusiones y dificultades si se interpreta como una doctrina filosófica general en donde no hay ningún lugar para la inducción, la comprobación positiva o la certeza. En los textos de Popper encontramos los dos enfoques.

Si no se admite la existencia de certezas legítimas, es muy difícil evitar una conclusión convencionalista. Popper es consciente de este peligro, e intenta salvarlo afirmando que, simplemente, debemos acostumbrarnos a separar la idea de conocimiento y la idea de certeza: podemos progresar en el conocimiento, pero se trata siempre de un conocimiento conjetural, que nunca llega a la certeza. Pero, de hecho, alcanzamos conocimientos ciertos, y la verdad es algo más que una idea regulativa en el sentido kantiano.

Algunas ambigüedades del pensamiento de Popper se explican si se tiene en cuenta que desarrolló sus ideas filosóficas de modo fragmentario, pues ni siquiera se había propuesto, en un principio, dedicarse a la filosofía. Por ejemplo, frente a los positivistas, Popper defiende que la metafísica tiene sentido, no obstante, cuando publicó *La lógica de la investigación científica* en 1934, todavía no había advertido que la metafísica podía discutirse mediante razonamientos que, aunque no incluyen contrastaciones empíricas como la ciencia experimental, son plenamente válidos. Él mismo lo dice: «... subrayé que la *Logik der Forschung* era el libro de un realista, aunque por aquel tiempo no hubiese pretendido decir gran cosa sobre el realismo. La razón estaba en que entonces no me había percatado de que una posición metafísica, aunque no fuese contrastable, podía ser racionalmente criticable o argüible. Yo había confesado ser realista, pero pensando que esto no pasaba de ser una confesión de fe» [29]. En esas condiciones, no puede sorprender que la posición de Popper ante la metafísica sea insuficiente, aun cuando la defiende frente a los ataques del positivismo.

Popper reduce toda la actividad científica al método hipotético-deductivo, que no permite llegar a conclusiones ciertas; pero ese método no es toda la ciencia, y además, como veremos, existen criterios que permiten alcanzar algún tipo de certeza utilizando ese método. Por otro lado, parece identificar que una afirmación sea *perfectible* con que sea *conjetural*. En realidad, muchas afirmaciones científicas son ciertas dentro de un determinado margen, aunque puedan estar sometidas a ulteriores perfeccionamientos.

En la ciencia experimental no todo es conjetural, y no todo se desarrolla según el método hipotético-deductivo. Popper simplifica indebidamente algunos aspectos reales de la ciencia, y esa simplificación le permite obtener una imagen de la ciencia que le sirve como base para toda su filosofía falibilista. Podemos señalar las siguientes simplificaciones injustificadas en el planteamiento de Popper: el antiinductivismo extremo que no reconoce el papel que sin duda desempeña la inducción en la actividad científica; la reducción de toda la teoría de la ciencia a

29. K. R. POPPER, *Búsqueda sin término*, cit., pp. 200-201.

la consideración de los aspectos lógicos, o sea, a las relaciones lógicas entre los enunciados científicos; la reducción de toda la actividad científica al empleo del método hipotético-deductivo; y la identificación del carácter parcial y aproximativo de muchas afirmaciones científicas con su carácter hipotético y conjetural.

Según Popper, la «actitud racional» en la ciencia sería la «actitud crítica» de no dar nunca nada por seguro o definitivo, y de buscar siempre contraejemplos que permitan formular mejores teorías. Pero esta imagen de la actitud científica es parcial, porque no explica los logros positivos de la ciencia, y las confusiones se multiplican cuando se toma como modelo de «racionalidad» para todo el conocimiento humano en general.

Por otra parte, Popper subraya correctamente los elementos de creatividad e interpretación que se encuentran en cada paso del método científico: no sólo en la formulación de nuevas hipótesis, sino también en la formulación y aceptación de los enunciados empíricos que sirven para contrastar las hipótesis, y en la evaluación de las hipótesis a la luz de la evidencia disponible.

Si la epistemología de Popper se interpreta como una metodología, contiene muchos elementos válidos, y lo mismo sucede con su teoría social. Las confusiones surgen cuando se pretende extraer de las ideas de Popper una imagen completa de la ciencia, del conocimiento o de la sociedad: y es fácil que surjan estas confusiones, ya que Popper, aunque insiste en los límites del conocimiento, presenta sus ideas como si fuesen una filosofía general.

Es posible interpretar el pensamiento de Popper adoptando como clave interpretativa las preocupaciones éticas, que son su auténtico motor. En tal caso, algunas de las dificultades que hemos señalado desaparecen o se suavizan[30]. Pero esa interpretación exige una relectura de la obra de Popper que no siempre es fácil, debido al énfasis que él pone en su falibilismo, y a la insuficiente base metafísica de su ética. Popper basa toda su filosofía en una «fe en la razón» que él mismo califica como «irracional». Se trata, en realidad, de una afirmación de la dignidad de la persona humana, de su libertad, de su responsabilidad, de la igualdad básica entre todos los hombres, de la paz y de la tolerancia. Si se acepta una metafísica abierta a la trascendencia, estos valores encuentran una justificación; en cambio, en el agnosticismo de Popper sólo pueden ser justificados por sus consecuencias positivas. Dado que Popper estaba abierto a la metafísica, es posible conservar una parte importante de su pensamiento complementándola con una metafísica abierta a la trascendencia[31]. Pero, en tal caso, ya no se trata de la posición de Popper tal como él la presenta, sino de una metafísica que incorpora una parte de la filosofía de Popper dejando fuera otra.

30. Se encuentra un intento de ese tipo en: M. ARTIGAS, *Lógica y ética en Karl Popper*, cit.
31. Es lo que ha intentado Gabriel Zanotti: cfr. G. ZANOTTI, *Karl Popper: Búsqueda con esperanza*, Editorial de Belgrano, Buenos Aires 1993.

7.2. *Filosofía, historia y sociología de la ciencia en Thomas S. Kuhn*[32]

Thomas S. Kuhn (1922-1996) publicó en 1962 su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, que desencadenó una autentica revolución, cuyos efectos siguen notándose en la actualidad, en la moderna filosofía de la ciencia. El enfoque de esa obra es histórico-sociológico. Kuhn analiza las ciencias de la naturaleza examinando su desarrollo histórico real y estudiando el comportamiento de los científicos: en concreto, cómo utilizan, aceptan o rechazan las teorías de la ciencia. En conjunto, la visión del desarrollo de la ciencia tal como Kuhn lo presenta puede sintetizarse en sus ideas acerca de los dos tipos de actividad científica que él cree descubrir en la práctica real: la *ciencia normal* y la *ciencia extraordinaria* (en la cual se dan las *revoluciones científicas*).

La «ciencia normal», en la interpretación de Kuhn, es el tipo de actividad científica que se da cuando la comunidad científica admite determinadas teorías sin discusión; entonces, los científicos se esfuerzan por estudiar y resolver problemas concretos a la luz de esas teorías. La actividad de la ciencia normal es una especie de «resolución de rompecabezas» (*puzzle-solving*), ya que no se plantean cuestiones básicas acerca de las teorías utilizadas, sino solamente cuestiones concretas dentro del ámbito de esas teorías: cómo encajar las piezas (problemas y soluciones) dentro de la teoría generalmente aceptada.

Kuhn introdujo, en estrecha relación con su explicación de la ciencia normal, el concepto de *paradigma*, para expresar el modelo de práctica científica que admiten los científicos en esa actividad, y que marca la pauta de las investigaciones científicas «normales». En palabras de Kuhn: «En este ensayo, "ciencia normal" significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior»[33].

Evidentemente, la «ciencia normal» de Kuhn no encaja bien dentro de los moldes de la «actitud crítica» que Popper considera esencial a la ciencia. Por el contrario, el científico dedicado a tal actividad normal no busca en absoluto la refutación de las teorías que constituyen el «paradigma» dentro del cual trabaja, sino que busca nuevas aplicaciones de tales teorías: en ese sentido, su actividad es «no-crítica». La interpretación de Kuhn es inequívoca al respecto; así, acerca de la ciencia normal afirma que: «examinada de cerca, tanto históricamente como en el laboratorio contemporáneo, esa empresa parece ser un intento de obligar a la naturaleza a que encaje dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexibles que proporciona el paradigma. Ninguna parte del objetivo de la ciencia nor-

32. Cfr. M. ARTIGAS, «Paradigmas y revoluciones. Thomas S. Kuhn» en *El desafío de la racionalidad*, cit., pp. 71-88.

33. T. S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México 1975, p. 33.

mal está encaminada a provocar nuevos tipos de fenómenos; en realidad, a los fenómenos que no encajarían dentro de los límites mencionados frecuentemente ni siquiera se los ve. Tampoco tienden normalmente los científicos a descubrir nuevas teorías y a menudo se muestran intolerantes con las formuladas por otros»[34].

El progreso científico se explica en gran parte, según Kuhn, mediante la ciencia normal: el hecho de que los científicos admitan colectivamente un paradigma que no se discute, hace posible que se concentren en la resolución de problemas concretos, dando lugar a un avance que en otro caso no se produciría.

Obviamente, en la ciencia normal se encontrarán problemas que no se logra resolver. En las circunstancias ordinarias, el fracaso en la resolución de esos problemas no se atribuye a las teorías, sino al científico. Pero puede suceder que el número o la envergadura de esos problemas sean tales que provoquen una crisis, de manera que llegue a cuestionarse la validez del paradigma hasta entonces generalmente admitido. En esas circunstancias tiene lugar la *ciencia extraordinaria*, o sea, la actividad científica en la que se buscan nuevas teorías capaces de solucionar la crisis. Si se encuentran nuevos paradigmas que llegan a admitirse en la comunidad científica, se producen las *revoluciones científicas*. En palabras de Kuhn: «... las revoluciones científicas se consideran aquí como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible»[35]. Las revoluciones científicas vienen provocadas por la ciencia normal. En la explicación de Kuhn, la ciencia normal y las revoluciones científicas aparecen entrelazadas: las revoluciones no surgen sin más, sino que son un efecto del desarrollo de la ciencia normal, y, por otra parte, las revoluciones dan lugar a nuevos paradigmas que inauguran una nueva etapa de ciencia normal.

Kuhn se plantea en este contexto una cuestión de gran importancia: ¿cómo llega a admitirse un nuevo paradigma? Tanto en la filosofía positivista como en la popperiana, la respuesta es: mediante *argumentos lógicos*. La respuesta de Kuhn es muy diferente. Un nuevo paradigma no se admite única o principalmente en base a argumentos lógicos, ya que lleva consigo una nueva visión de la naturaleza, y por tanto no puede compararse con el antiguo paradigma. Kuhn habla en este sentido de la *inconmensurabilidad* de los paradigmas, o sea, de la imposibilidad de compararlos mediante un criterio común. Las revoluciones científicas representan un cambio en «el concepto del mundo»[36] y, en esas circunstancias, no existen datos neutrales de experiencia que sirvan para comparar las consecuencias del antiguo paradigma y del nuevo, ya que cada paradigma provoca un modo diferente de considerar la naturaleza y de enfocar los problemas científicos. Kuhn afirma que «la competencia entre paradigmas no es el tipo de batalla que pueda resolver-

34. Ibíd., pp. 52-53.
35. Ibíd., p. 149.
36. Ibíd., p. 176.

se por medio de pruebas»[37]. Cuando se propone un nuevo paradigma —continúa afirmando Kuhn—, los conceptos y experimentos antiguos se ven de un modo diferente, de tal modo que «quienes proponen los paradigmas en competencia practican sus profesiones en mundos diferentes»[38].

En esas condiciones, Kuhn llega a utilizar el término «conversión» para explicar cómo llegan los científicos a admitir un nuevo paradigma, y no deja de advertir (citando al físico Max Planck, pionero de la revolución de la física cuántica) que, frecuentemente, una nueva teoría científica llega a triunfar no porque sus adversarios se rindan ante las pruebas, sino porque esos adversarios mueren y surge una nueva generación de científicos que admiten la nueva teoría. Por tanto, Kuhn constata que «la transferencia de la aceptación de un paradigma a otro es una experiencia de conversión que no se puede forzar»[39]. Sin duda, existen razones que pueden inducir a la aceptación de nuevas teorías: la mayor precisión cuantitativa, y la capacidad para resolver problemas, por ejemplo, son algunas de tales razones. Lo que Kuhn subraya es que la aceptación de las nuevas teorías no se realiza en base a argumentos únicos y forzosamente decisivos, y que, cuando se plantean nuevos paradigmas, «es necesaria una decisión entre métodos diferentes de practicar la ciencia y, en esas circunstancias, esa decisión deberá basarse menos en las realizaciones pasadas que en las promesas futuras [...] una decisión de esta índole sólo puede tomarse con base en la fe»[40].

Kuhn pretende avalar su interpretación del progreso científico, que es muy diferente de la positivista y de la popperiana, mediante múltiples ejemplos extraídos de la historia real de la ciencia. De hecho, el éxito de la obra de Kuhn provocó la multiplicación de estudios de historia de la ciencia: la epistemología se desplazó desde el ámbito lógico en que se había desenvuelto hasta entonces, hasta el estudio de casos históricos concretos para examinar cómo progresa la ciencia de hecho.

En 1965 se celebró un congreso internacional de filosofía de la ciencia en Londres, donde tuvo lugar el famoso debate Popper-Kuhn. En realidad, el congreso estaba dividido en diversas secciones y ese debate se redujo a la presentación, en una de las secciones, de una ponencia por parte de Kuhn, junto con las respuestas de Popper y de otros, y de la contrarréplica de Kuhn. Pero el tema debatido tuvo una enorme repercusión en la filosofía de la ciencia. Popper dijo que «La "ciencia normal", en el sentido de Kuhn, existe [...] Que sea un fenómeno que a mí no me guste (porque lo considero un peligro para la ciencia) mientras que a él al parecer no le disgusta (porque lo considera "normal") es otra cuestión; una cuestión importante, sin duda. En mi opinión el "científico normal", tal como

37. Ibíd., p. 230.
38. Ibíd., p. 233.
39. Ibíd., p. 235.
40. Ibíd., p. 244.

Kuhn lo describe, es una persona a la que habría que compadecer [...] En mi opinión, al "científico normal" se le ha enseñado mal [...] Como consecuencia ha llegado a ser lo que puede llamarse un "científico aplicado", en contraposición con lo que yo llamaría un "científico puro"»[41].

Obviamente, las perspectivas de Popper y de Kuhn se centran en aspectos diferentes de la ciencia experimental: Popper, junto con otros muchos autores, subraya los aspectos lógicos, y Kuhn subraya los aspectos sociológicos e históricos. Pero ambos aspectos no se oponen; más bien son complementarios, y ambos deben tenerse en cuenta para conseguir una representación fiel de la ciencia tal como se da en la realidad. El peligro del enfoque lógico es olvidar la existencia de factores institucionales que desempeñan un papel importante en el desarrollo de la ciencia. En cambio, el peligro del enfoque sociológico-histórico es olvidar que el problema central de la ciencia es la búsqueda de la verdad. De hecho, Kuhn prácticamente no se refiere a la verdad en su obra.

Por otra parte, el esquema de Kuhn ha tenido un enorme éxito, debido a su sencillez, y se ha aplicado con profusión a las ciencias naturales, a las ciencias humanas, y a todo tipo de actividades. Muchas explicaciones actuales recurren a los «paradigmas» en el sentido de Kuhn. Pero la sencillez del esquema de Kuhn puede resultar engañosa, ya que un análisis más detallado muestra que la interpretación de su pensamiento puede ser una tarea realmente difícil. En el mencionado simposio internacional de filosofía de la ciencia de 1965 celebrado en Londres, Margaret Masterman hizo notar que Kuhn había utilizado su concepto clave de «paradigma» en *La estructura de las revoluciones científicas* al menos con 21 significados diferentes, y los explicó uno por uno refiriéndose a los respectivos pasajes del libro[42]. El mismo Kuhn propuso más tarde ulteriores reflexiones sobre este tema[43], y su pensamiento ha sido reconstruido, con su ayuda y aprobación, por Paul Hoyningen-Huene de un modo que es cualquier cosa menos sencillo[44]. En un congreso celebrado en 1990 en torno a la obra de Kuhn, con la participación de conocidos especialistas en epistemología, las consideraciones finales de Kuhn muestran que, en realidad, su pensamiento parece ser bastante complejo[45].

En *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn dedicó muy poca atención al conocimiento y a la verdad. Años más tarde, en su conferencia presidencial en la reunión de 1990 de la *Philosophy of Science Association*, presentó

41. K. R. POPPER, «La ciencia normal y sus peligros», en: I. LAKATOS y A. MUSGRAVE (eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Grijalbo, Barcelona 1975, p. 151.

42. M. MASTERMAN, «La naturaleza de los paradigmas», en: I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, cit., pp. 161-169.

43. T. S. KUHN, *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Tecnos, Madrid 1978.

44. Cfr. P. HOYNINGEN-HUENE, *Reconstructing Scientific Revolutions. Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, The University of Chicago Press, Chicago 1993.

45. Cfr. T. S. KUHN, «Afterwords», en: P. Horwich (ed.), *World Changes. Thomas Kuhn and the Nature of Science*, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts) 1993, pp. 311-341.

sus últimas ideas dentro de una perspectiva historicista que era «una especie de kantismo post-darwiniano»[46] en el cual la noción de verdad como correspondencia con la realidad era prácticamente abandonada. Kuhn afirmó: «... lo que está fundamentalmente en juego es más bien la teoría de la verdad como correspondencia, la noción de que el objetivo, cuando evaluamos leyes o teorías científicas, es determinar si corresponden o no a un mundo externo independiente de la mente. Es esta noción, sea en su forma absoluta o probabilista, lo que estoy persuadido de que debe desaparecer junto con el fundacionalismo. Lo que la reemplace todavía requerirá una concepción fuerte de la verdad, pero no, excepto en el sentido más trivial, verdad como correspondencia»[47].

Pero, si se abandona la noción misma de verdad como correspondencia, dado que la verdad desempeña un papel importante en la ciencia, incluso el comportamiento de la comunidad científica puede ser fácilmente mal interpretado. De hecho, la sociología del conocimiento desarrollada en las últimas décadas del siglo XX ha chocado, en ocasiones, con la comunidad científica, porque algunos científicos sienten que este tipo de interpretación socava el prestigio de la ciencia experimental y, por tanto, el apoyo social que la ciencia necesita.

Sin embargo, las explicaciones psico-socio-históricas de la ciencia propuestas por Kuhn, que se relacionan con el comportamiento de la comunidad científica, son importantes en algunos aspectos que deben tenerse en cuenta si deseamos obtener una representación completa de la empresa científica.

Se ha acusado a Kuhn de favorecer el «irracionalismo», porque afirma que la aceptación de nuevos paradigmas no se decide mediante argumentos racionales. Pero debe tenerse en cuenta que Kuhn, que originalmente estudió física, da por supuesto que todos conocen los criterios que los científicos utilizan habitualmente como guía de sus decisiones[48]. Más adelante volveremos sobre este tema.

7.3. *La filosofía de la ciencia postpopperiana*

La década de 1960 marcó un antes y un después en la epistemología. Hasta entonces habían prevalecido las explicaciones de tipo lógico, influidas por el positivismo. Entonces adquirieron gran fuerza las explicaciones de tipo histórico y sociológico. La confrontación entre Popper y Kuhn en 1965 es una referencia clara: en aquel simposio, algunos intentaron combinar las posiciones de Popper y

46. Íd., «The Road Since Structure», en: A. I. TAUBER (ed.), *Science and the Quest for Reality*, New York University Press, Washington Square (New York) 1997, p. 244.
47. Ibíd., p. 236.
48. Kuhn se refiere a esta cuestión en su artículo «Objetividad, juicios de valor y elección de teoría», que está recogido en: T. S. KUHN, *La tensión esencial*, Fondo de Cultura Económica, México 1982, pp. 344-364.

Kuhn, en vez de oponerlas. El intento más influyente en esa dirección fue el de Lakatos, y la reacción más importante fue la de Feyerabend.

a) *Programas de investigación científica (Imre Lakatos)*[49]

Imre Lakatos (1922-1974) abandonó Hungría en 1956 y marchó al Reino Unido, donde trabajó en filosofía de la matemática y filosofía de la ciencia, primero en Cambridge y luego en la London School of Economics and Political Science, hasta su muerte repentina en 1974. En Londres fue discípulo y colaborador de Popper.

Ante la situación creada por las ideas de Kuhn, Lakatos intentó situarse del lado de Popper, pero se vio en la necesidad de introducir nuevas explicaciones para salvar la racionalidad científica en una línea popperiana, empresa que consideraba de vital importancia, ya que llegó a afirmar que: «el conflicto entre Popper y Kuhn no es acerca de una simple cuestión técnica en epistemología; sino que concierne a nuestros valores intelectuales centrales, y tiene implicaciones no sólo en la física teórica sino también en las poco desarrolladas ciencias sociales e incluso en la filosofía moral y en la filosofía política. Si ni siquiera en la ciencia hay otro modo de juzgar una teoría que el de tasar el número, la fe y la energía vocal de sus partidarios, con más razón debe ser así en las ciencias sociales: la verdad descansa en el poder. De modo que la postura de Kuhn reivindicaría, sin duda inintencionadamente, el "credo" político básico de los maníacos religiosos contemporáneos (los "estudiantes revolucionarios")»[50]. Parece claro que, para Lakatos, el triunfo de la teoría de Kuhn significaría el triunfo del *irracionalismo* en todos los órdenes, ya que ni siquiera en la ciencia experimental, considerada por muchos como el prototipo de la racionalidad, sería posible tomar decisiones mediante argumentos racionales.

Para Lakatos, encontrar una «teoría de la racionalidad científica» equivale a superar el *escepticismo*: si tal teoría no es posible, la conclusión escéptica sería inevitable. Y una teoría de la racionalidad científica significa una explicación racional del desarrollo de la ciencia, o sea, una explicación de que el *progreso científico* se efectúa mediante *argumentos racionales*.

Lakatos acepta el «falsacionismo», pero distingue dos tipos de falsacionismo. El primero es el «falsacionismo dogmático», según el cual se puede demostrar de modo concluyente, mediante la experiencia, la falsedad de las teorías, de modo que las teorías falsadas han de ser abandonadas. De acuerdo con esa perspectiva, la ciencia se desarrolla mediante la sustitución de las teorías falseadas por

49. Cfr. M. ARTIGAS, «Los programas de investigación científica. Imre Lakatos», en *El desafío de la racionalidad*, cit., pp. 89-106; B. LARVOR, *Lakatos. An Introduction*, Routledge, London 1998.
50. I. LAKATOS, «La falsación y la metodología de los programas de investigación científica», en: I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, cit., p. 205.

otras nuevas, y la falsación se realiza recurriendo simplemente a los hechos de experiencia. Pero este falsacionismo, según Lakatos, es insostenible, ya que no existen hechos puros de experiencia, por lo cual ni siquiera los enunciados experimentales más básicos pueden considerarse definitivos (se formulan siempre con la ayuda de alguna teoría); además, para comparar las teorías científicas más importantes con la experiencia es preciso añadir condiciones un tanto convencionales, ya que esas teorías contienen enunciados muy generales que sólo pueden compararse con el resultado de los experimentos suponiendo que se cumplen determinadas condiciones que permiten restringir esos enunciados a los casos concretos.

La solución, según Lakatos, se encuentra en el «falsacionismo metodológico», que consiste en admitir que, en determinadas ocasiones, puede rechazarse una teoría científica en base a la experiencia, pero que este rechazo requiere un acuerdo previo (convencional) sobre el valor que se otorga a los enunciados de experiencia. Así se reconoce la imposibilidad de demostrar (como verdaderas o probables) o contrademostrar (como falsas) las teorías científicas, y a la vez se admite que la ciencia se desarrolla siguiendo unas reglas de juego racionales, consistentes en rechazar aquellas teorías que contradigan los enunciados de experiencia que en un momento determinado se aceptan como verdaderos.

Sin embargo, Lakatos sigue adelante, afirmando que incluso el falsacionismo metodológico presenta inconvenientes. Uno de ellos es que no va de acuerdo con la historia real de la ciencia, ya que en la realidad las cosas no suceden con la simplicidad que supone esa interpretación. En concreto, la ciencia no avanza simplemente por la comparación de las teorías con la experiencia: suelen presentarse diversas teorías en competencia, y además no sólo tienen importancia las falsaciones, sino también las confirmaciones de las teorías.

Llegados a este punto, Lakatos da un nuevo paso, introduciendo lo que él llama «falsacionismo sofisticado». He aquí cómo lo plantea: «Pero si —como parece ser el caso— la historia de la ciencia no parece dar apoyo a nuestra teoría de la racionalidad científica, tenemos dos alternativas. Una de ellas es abandonar los esfuerzos por dar una explicación racional del éxito de la ciencia. El método científico (o "lógica del descubrimiento"), concebido como disciplina de la evaluación racional de las teorías científicas —y de los criterios de "progreso"— desaparece. Podemos todavía, desde luego, tratar de explicar los "cambios" de "paradigmas" en términos de psicología social. Este es el camino que han seguido Polanyi y Kuhn. La otra alternativa es tratar al menos de "reducir" el elemento convencional en el falsacionismo (posiblemente no podamos eliminarlo) y sustituir las versiones "ingenuas" del falsacionismo metodológico por una versión "sofisticada" que daría una nueva fundamentación racional a la falsación y pondría a salvo la metodología y la idea de "progreso" científico. Este es el camino seguido por Popper y el que yo me propongo seguir»[51].

51. Ibíd., p. 228.

La posición de Lakatos, que pretende ser una continuación de la de Popper, se centra en lo que Lakatos denomina «programas de investigación científica». Su idea central es que no se trata de evaluar teorías aisladas, porque la actividad científica se centra en unidades más amplias, o sea, series de teorías que se encuadran dentro de *programas de investigación*.

Lakatos distingue en los programas de investigación una «heurística negativa» que se refiere al «núcleo» del programa, o sea, aquella parte del programa que se mantiene inmutable y no se somete a revisión, y una «heurística positiva», constituida por un conjunto de hipótesis que se someten a contrastaciones y que, en su caso, se reajustan o incluso se abandonan en función del resultado de las contrastaciones[52]. A partir de este punto, Lakatos se centra en el análisis de episodios concretos de la historia de la ciencia, tratando de mostrar con ejemplos que su postura puede adaptarse al estudio de la ciencia real.

Cuando Lakatos se pregunta si puede haber una razón objetiva para rechazar todo un programa de investigación, la respuesta es afirmativa: la habrá cuando se disponga de un nuevo programa de investigación que explique el éxito del anterior (o sea, recoja sus éxitos incorporándolos al nuevo programa), y además lo supere, permitiendo abordar nuevos hechos[53]. Sin embargo, Lakatos advierte que no es fácil reconocer en poco tiempo si un programa nuevo es superior a uno ya conocido y utilizado: en la práctica, la situación puede ser muy compleja, de tal modo que incluso contando con largo tiempo será muy difícil valorar comparativamente dos programas. Lakatos afirma claramente al respecto: «Sólo un proceso extremadamente difícil e —indefinidamente— largo puede establecer que un programa de investigación es superior a su rival»[54].

Lakatos todavía añade a su imagen de la ciencia un nuevo elemento, hablando de programas de investigación «progresivos» y «degenerativos»: «Se dice que un programa de investigación es "progresivo" en tanto que su desarrollo teórico anticipe su desarrollo empírico, es decir, en tanto que siga prediciendo con algún éxito hechos nuevos ("cambio de problemas progresivo"); es "paralizante" si su desarrollo teórico se rezaga con respecto a su desarrollo empírico, es decir, siempre que no ofrezca más que explicaciones "post-hoc" bien sea de descubrimientos casuales o bien de hechos anticipados por, y descubiertos en, un programa rival ("cambio de problemas degenerativo"). Un programa de investigación "supera" a un rival si explica progresivamente más que éste, en cuyo caso el rival puede ser eliminado (o, si se prefiere, "arrinconado")»[55].

52. Cfr. Ibíd., p. 245.
53. Cfr. Ibíd., p. 267.
54. Ibíd., p. 275.
55. I. LAKATOS, «La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales», en: I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, cit., p. 466.

Podemos advertir —el mismo Lakatos lo admite— que la metodología de Lakatos es muy difícil de aplicar en concreto. Incluso cabría preguntarse si es posible hacerlo, a pesar de que diversos autores lo han intentado. Es muy complicado aplicarla a episodios pasados de la historia de la ciencia, y lo es mucho más si se pretende extraer de ella criterios que puedan dirigir la ciencia presente. Ni siquiera es fácil delimitar en un programa de investigación en qué consiste su «núcleo» y cuales son las «hipótesis añadidas» al mismo (por lo general, será posible proponer interpretaciones diversas acerca de estos problemas).

Por otra parte, Lakatos afirma: «Sostengo que la filosofía de la ciencia es más una guía para el historiador de la ciencia que para el científico. Puesto que yo pienso que las filosofías de la racionalidad se encuentran retrasadas respecto a la racionalidad científica incluso en la actualidad, encuentro difícil compartir plenamente el optimismo de Popper cuando afirma que una mejor filosofía de la ciencia representará una "considerable" ayuda para los científicos»[56]. Así, no es la ciencia, sino la historia de la ciencia la que será orientada por la filosofía de la ciencia. Pero, ¿qué significa esto?

Lo que parece preocupar más a Lakatos es la posibilidad de realizar una «reconstrucción racional» de la historia de la ciencia, mostrando que el desarrollo de la ciencia se puede formular de un modo racional. Con este fin, Lakatos formula una metodología que le servirá para reconstruir la historia de la ciencia mostrando su racionalidad (o sea, mostrando que se adecua a los cánones de su metodología). De este modo pretende superar el escepticismo al que llevaría la afirmación de que no es posible reconstruir racionalmente el desarrollo científico. Pero esta postura ofrece serias dificultades. Por una parte, la historia de la ciencia es enormemente variada, y los factores reales que intervienen en ella son sumamente complejos. Además, y ésta es la dificultad principal, Lakatos toma el procedimiento científico como patrón de racionalidad, sin que se haga referencia siquiera al valor real del conocimiento (o sea, a su verdad). La «racionalidad» de que aquí se habla tiene poco que ver con la «verdad» del conocimiento: Lakatos se limita a afirmar que es posible reconstruir el desarrollo de la ciencia mostrando que se ha efectuado según ciertas normas y que, por tanto, no es arbitrario (o «irracional»). Pero esto no dice nada acerca del valor real del conocimiento: solamente dice algo acerca de la posibilidad de encuadrar el desarrollo de una actividad humana dentro de ciertos esquemas interpretativos que, por otra parte, pueden ir cambiando para ajustarse mejor al desarrollo efectivo de esa actividad.

De hecho, Lakatos dedica una buena parte de sus trabajos al examen crítico de las diversas metodologías (o «teorías de la racionalidad»). Cada una de estas teorías tendría sus ventajas y sus inconvenientes. y no se podría llegar a una teoría de la racionalidad que tenga un carácter definitivo. Refiriéndose a su propia teoría,

56. Íd., «Popper on Demarcation and Induction», en: P. A. SCHILPP (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle (Illinois) 1974, p. 252.

Lakatos afirmó en un trabajo publicado en 1974 que estaría dispuesto a abandonarla en el momento en que fuera propuesta otra mejor, y señaló en el mismo lugar, en pie de página, que una tal metodología ya había sido propuesta por E. G. Zahar después de la elaboración del artículo de Lakatos[57]. Ya no se trata del progreso de la ciencia, sino de la teoría de la racionalidad: «... el progreso en la teoría de la racionalidad se encuentra marcado por descubrimientos o redescubrimientos históricos: por la reconstrucción racional de una masa creciente de historia impregnada de valor»[58]. Pero esto ya no tiene nada que ver con la verdad del conocimiento.

Interpretando la posición de Popper, Lakatos escribió: «El "verdadero" Popper evolucionó en los años veinte desde la versión dogmática a una versión ingenua del falsacionismo metodológico; en los años cincuenta "aceptó las reglas" del falsacionismo sofisticado»[59]. Sin embargo, Popper rechazó tajantemente la interpretación de su postura realizada por Lakatos. Popper lamentó encontrar en la interpretación de Lakatos afirmaciones que no debería formular una persona que conocía bien sus puntos de vista, y afirmó que Lakatos —y, por su influencia, muchos otros— ha interpretado su postura de un modo que la priva totalmente de sentido. Más en concreto, Popper se refiere a que Lakatos frecuentemente toma pasajes de su obra fuera de contexto, y complica las cosas de un modo extraordinario haciendo imposible reconocer las ideas originales de su epistemología[60].

La queja de Popper parece bien fundada. Por ejemplo, Lakatos no aprecia la importancia central que en la epistemología popperiana tiene el concepto de verdad objetiva: sólo este punto bastaría para negar que la postura de Lakatos sea realmente popperiana. No obstante, bajo otro punto de vista, podría decirse que Lakatos es incluso más popperiano que Popper. Lakatos señala acertadamente que Popper, al no admitir ningún tipo de inducción, debería acabar en una postura escéptica y en un convencionalismo pragmático[61]. Y, en realidad, ésta es la conclusión de Lakatos, aunque él mismo se oponga verbalmente al escepticismo y pretenda defender que la inducción posee una cierta validez.

Es interesante advertir que Lakatos manifiesta haber sido hegeliano durante veinte años, hasta que —teniendo unos cuarenta años de edad— recibió el influjo del pensamiento de Popper y cambió radicalmente su orientación filosófica[62]. Esto podría explicar por qué centra su atención en la historia interpretada de modo normativo, y por qué cree descubrir en esa empresa la solución del problema de la racionalidad.

57. Cfr. íd., «El papel de los experimentos cruciales en ciencia», *Teorema*, 5 (1975), p. 403.
58. Ibíd., p. 403.
59. Íd., «La falsación y la metodología de los programas de investigación», cit., p. 292.
60. Cfr. K. R. Popper, «Replies to my Critics», en: P. A. SCHILPP (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, cit., pp. 999-1000.
61. Cfr. I. LAKATOS, «Popper on Demarcation and Induction», cit., pp. 261-262.
62. Cfr. ibíd., p. 241.

La metodología de Lakatos tiene cierto interés como esquema interpretativo de algunos aspectos históricos del desarrollo de la ciencia, pero se convierte en un gran castillo construido en el aire si se la pretende interpretar —como Lakatos lo hace— como una teoría de la racionalidad capaz de explicar el progreso de la ciencia y de salvar así los valores intelectuales centrales frente al escepticismo. Lakatos pretende superar el escepticismo, pero no lo consigue porque su propio planteamiento admite una fuerte dosis de escepticismo, al renunciar a una teoría realista del conocimiento y plantear el problema de la racionalidad como la reconstrucción de la historia de la ciencia en función de unos esquemas un tanto convencionales en perpetuo desarrollo.

b) *Anarquismo epistemológico (Paul K. Feyerabend)*[63]

Paul K. Feyerabend (1924-1994) nació en Viena. Trabajó con Popper en la London School of Economics en los años 1952-1953. Desde 1959 fue profesor en la Universidad de Berkeley, y más adelante en el Instituto Federal de Tecnología de Zurich.

En su primera época, Feyerabend recibió un fuerte influjo de Popper. Afirmaba entonces que la epistemología no se limita a describir lo que los científicos hacen, sino que dicta normas sobre cómo deben actuar. Así, en 1962, Feyerabend afirmaba claramente el carácter «normativo» de la epistemología: «... el método científico, así como las reglas para la reducción y la explanación conectadas con él, no se supone que describa lo que los científicos hacen de hecho. Más bien se supone que nos proporciona reglas normativas que deberían seguirse, a las cuales corresponderá más o menos de cerca la práctica científica actual. Es muy importante hoy en día defender esa interpretación normativa del método científico»[64]. Y en nota a pie de página (la nota 67) señala que esa interpretación normativa ha sido defendida por Karl Popper.

En un trabajo publicado en 1963, Feyerabend hacía notar que su perspectiva se deriva de la obra de Popper y de sus discusiones con él (y con David Bohm), y que la ha discutido con Kuhn, a quien acusa de «conservadurismo científico»[65].

En su etapa popperiana, Feyerabend propone una epistemología carente de base metafísica que, reducida a un plano metodológico, pretende dictar normas

63. Cfr. M. ARTIGAS, «Crítica de la racionalidad científica. Paul K. Feyerabend», en *El desafío de la racionalidad*, cit., pp. 107-124; J. PRESTON, *Feyerabend*, Polity Press, Cambridge 1997.

64. P. K. FEYERABEND, «Explanation, Reduction, and Empiricism», en: H. FEIGL y G. MAXWELL (eds), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, volumen III, University of Minnesota Press, Minneapolis 1962, p. 60.

65. Cfr. íd., «Cómo ser un buen empirista: petición de tolerancia en asuntos epistemológicos», en: P. H. NIDDITCH (ed.), *Filosofía de la ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México 1975, p. 34.

obligatorias para el desarrollo de la ciencia. En esa metodología, se defiende la proliferación de las teorías como camino necesario para el progreso; el motivo que se aduce es que, puesto que no hay conocimientos ciertos, todo cuanto signifique admitir un conocimiento como algo establecido obstaculizará el progreso: «... la unanimidad de opinión puede ser apropiada para una iglesia, para las victimas atemorizadas de algún mito (antiguo o moderno), o para los débiles y dispuestos seguidores de algún tirano; la variedad de opiniones es una característica necesaria del conocimiento objetivo; y un método que estimula la diversidad es el único compatible con una perspectiva humanista»[66].

Esa perspectiva es difícilmente compatible con el reconocimiento de una verdad objetiva, con la afirmación de que la meta de la ciencia es el descubrimiento de la verdad objetiva, y con el reconocimiento de que la verdad puede alcanzarse (al menos en determinadas circunstancias y frecuentemente con un carácter aproximativo).

En los años 1970, Feyerabend cambió su orientación. Advirtió las dificultades de su posición y el influjo del cientificismo en la filosofía de la ciencia. Como reacción, acabó afirmando que la metodología científica es un contrasentido, que nunca pueden dictarse a la ciencia normas para su desarrollo, y que los intentos de fundamentar una teoría de la racionalidad sobre metodologías tales como la de Popper llevarán al fracaso. Llegó a sostener una postura que él mismo denominó *teoría anarquista del conocimiento*. En esta teoría solamente se admite la validez general de un principio: el principio según el cual «todo vale»[67].

Hay que advertir que, a veces, Feyerabend parece jugar con sus lectores. Por ejemplo, en cuanto a su lema «todo vale», afirma: «... algunos amigos me han censurado por elevar un enunciado como "todo vale" a principio fundamental de la epistemología. No advirtieron que estaba bromeando. Las teorías del conocimiento —según yo las concibo— "evolucionan" al igual que todo lo demás. Encontramos principios nuevos, abandonamos los viejos. Ahora bien, hay algunas personas que sólo aceptarán una epistemología si tiene alguna estabilidad, o "racionalidad" como ellos mismos gustan de decir. Bien: podrán tener, sin duda, una epistemología así y "todo vale" será su único principio»[68].

Para comprender la epistemología de Feyerabend es muy conveniente tener en cuenta sus circunstancias personales (y las de Lakatos). Por ejemplo, Lakatos le animó a escribir una de las obras de su etapa «anarquista»; lo previsto era que se publicase acompañada, en el mismo libro, por otro escrito en el que Lakatos le rebatía, pero Lakatos murió antes de realizar ese proyecto. La amplia corres-

66. Ibíd., p. 64.
67. Cfr. P. K. FEYERABEND, *Contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Ariel, Barcelona 1974, pp. 21-22.
68. Ibíd., p. 163.

pondencia entre Lakatos y Feyerabend es muy ilustrativa para comprender a ambos [69].

El Feyerabend «anarquista» se recrea en señalar todo tipo de defectos en el paradigma cientificista. De un modo general advierte: «... hemos de confesar que gran parte de la contemporánea filosofía de la ciencia, y en especial aquellas ideas que ahora han reemplazado a las antiguas "epistemologías", son castillos en el aire, sueños irreales que tienen en común con la actividad que pretenden representar tan sólo el nombre» [70].

En 1970, Feyerabend propuso como remedio a la situación que él criticaba un estudio detallado de las fuentes de la historia de la ciencia, advirtiendo que ya existían pensadores que proceden de ese modo. Entre ellos cita a Kuhn (a quien antes se oponía) y, muy especialmente, a Lakatos (con quien mantuvo una relación que mezclaba una cierta oposición con una gran amistad). Dice Feyerabend: «... el remedio necesario es muy radical. Lo que debemos hacer es sustituir los castillos formales en el aire, bellos, pero inútiles, por un estudio detallado de las fuentes primarias en la historia de la ciencia. "Éste" es el material a analizar, y "éste" es el material del que deben surgir problemas filosóficos. Y tales problemas no deberían henchirse inmediatamente con tumores formalistas que crecen constantemente alimentándose con sus propios humores, sino que deberían abordarse en íntimo contacto con el proceso científico, aunque ello comportara un alto grado de incertidumbre y un bajo nivel de precisión. Existen pensadores que proceden de este modo. Por ejemplo, Kuhn, Ronchi, el último Norwood Russell Hanson y, muy especialmente, Imre Lakatos, que casi ha convertido el estudio de casos concretos en una empresa artística, y cuyas sugerencias filosóficas pueden utilizarse otra vez para transformar el proceso de la ciencia misma» [71].

El remedio que propone Feyerabend no llega, ni mucho menos, a la raíz de las dificultades, ya que el acercamiento a la historia real de la ciencia no basta para plantear adecuadamente los problemas filosóficos. Feyerabend denunció el cientificismo, pero no propuso una alternativa válida. Señaló, con razón, que el cientificismo condiciona excesivamente muchos planteamientos de la epistemología contemporánea, pero al no encontrar una solución que le permitiera replantear los problemas, propuso un «anarquismo epistemológico» bastante complejo y filosóficamente disparatado.

El cientificismo afirma que la ciencia experimental es el único acceso válido a la realidad o, al menos, el modelo que cualquier otra pretensión de conocimien-

69. Cfr. I. LAKATOS y P. FEYERABEND, *For and Against Method*, The University of Chicago Press, Chicago 1999.

70. P. K. FEYERABEND, «Filosofía de la ciencia: una materia con un gran pasado», *Teorema*, 4 (1974), n.º 1, p. 11.

71. Ibíd., pp. 26-27.

to debería imitar. Feyerabend lo denunció, ordinariamente de modo provocativo e irónico, aunque a veces más seriamente. Así, en un escrito titulado «Sobre la crítica de la razón científica», publicado en 1976, escribió: «Hay dos preguntas que surgen en el curso de cualquier crítica de la razón científica, y son las siguientes: (i) *¿Qué es la ciencia*?, ¿cómo procede, cuáles son sus resultados, cómo difieren sus procedimientos, estándares y resultados de los procedimientos, estándares y resultados de otras empresas? (ii) *¿Por qué es tan importante la ciencia*?, ¿qué la hace preferible a otras formas de vida que utilizan estándares diferentes y que, en consecuencia, obtienen diferentes tipos de resultados? ¿Qué hace que la ciencia moderna sea preferible a la ciencia de los aristotélicos, o a la ideología de los azandas? Nótese que al intentar responder a la pregunta (ii) no nos está permitido juzgar las alternativas a la ciencia mediante estándares científicos»[72].

Feyerabend tiene razón cuando describe la ciencia experimental, en la pregunta (i), como una empresa humana, y se equivoca cuando, en la pregunta (ii), la considera como una «forma de vida» que compite con otras formas de vida. Es imposible vivir científicamente. La ciencia experimental siempre adopta perspectivas particulares, y no puede ser utilizada como orientación para los objetivos prácticos de la vida ordinaria. Una equivocación en este punto puede llevar a identificar la ciencia, considerada como una forma de vida, con el cientificismo, en lugar de ver el cientificismo como una extrapolación injustificada de la ciencia. Entonces, se puede entender que Feyerabend diga: «En la historia del pensamiento, con frecuencia se dan por supuestas las respuestas a la pregunta (ii). Por ejemplo, se da por supuesto que la Verdad es algo muy excelente y que todo lo que necesitamos conocer son los aspectos detallados de esta Cosa Excelente. Esto significa que uno comienza con una *palabra* y utiliza el entusiasmo creado por su *sonido* para apoyar ideologías cuestionables (véase los nazis sobre la libertad)»[73].

Pero, si no tomamos en serio la verdad científica, no podemos identificar correctamente las raíces reales del cientificismo y no podremos superarlo.

La posición de Feyerabend es interesante porque muestra las dificultades que debe afrontar quien, como el mismo Feyerabend, reacciona frente al cientificismo pero carece de los medios para proponer una alternativa válida. Nuestra cultura contemporánea, con frecuencia de modo inconsciente, padece el mismo defecto, y esto explica la existencia de muchas formas de irracionalismo relacionadas con algunas posiciones escépticas, relativistas y pragmatistas. Es interesante advertir, por otra parte, que en su última fase Feyerabend alcanzó un equilibrio que le llevó a apartarse decididamente del anarquismo a ultranza. En un reportaje publicado en 1993, poco antes de su muerte, el periodista que le entrevistó recogía esta declaración textual de Feyerabend: «Me educaron en la religión cató-

72. Íd., «On the Critique of Scientific Reason» en: Colin HOWSON (ed.), *Method and Appraisal in the Physical Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge 1976, p. 310.
73. Ibíd.

lica. Luego, durante un breve período de tiempo, fui un ateo beligerante, pero ahora mi filosofía tiene un cariz diferente. No puede ser que el universo simplemente haya hecho: ¡pum!, y haya seguido a partir de ahí, desarrollándose. ¿Hay algo más? ¡Tiene que haberlo!»[74].

c) *El realismo científico*

El problema del realismo ocupa un lugar central en la filosofía de la ciencia, y da lugar a debates que siguen abiertos en la actualidad. Examinaremos a continuación algunas aspectos típicos del debate contemporáneo.

El realismo afirma la existencia real de las entidades, las propiedades y los procesos, tal como son afirmados por las teorías científicas. Los realistas afirman que el *éxito predictivo* de la ciencia experimental sería un auténtico milagro si no se admite que, de algún modo, la ciencia proporciona un conocimiento verdadero de la realidad. Además, ese éxito se basa en la *convergencia de diferentes teorías*, que forman como una gran malla y se encuentran entrelazadas: esas teorías se aplican con éxito para resolver problemas concretos, y forman una sola red que se emplea, toda entera, cuando resolvemos problemas, de tal modo que, si el realismo es falso, nos encontraríamos con una suma increíble de coincidencias casuales que, una y otra vez, tienen éxito.

En cambio, los antirrealistas subrayan que las entidades científicas son construcciones nuestras; que nunca podemos demostrar de modo concluyente que una teoría es verdadera; y que, para explicar el éxito de la ciencia, basta admitir que existe una cierta adecuación entre las teorías y los datos experimentales, sin que sea necesario afirmar que las teorías son verdaderas. Por ejemplo, Bas C. Van Fraassen argumenta que todo lo que se requiere para la aceptación de las teorías es su adecuación empírica[75], y Larry Laudan, aunque se presenta a sí mismo como contrario al relativismo, concluye que «dado el estado presente de la disciplina, sólo puede ser una ilusión lo que provoca la pretensión de que el realismo, y sólo el realismo, explica por qué funciona la ciencia»[76].

Estos argumentos tienen una parte de razón. En efecto, al científico le basta, sobre todo si trabaja en teorías muy abstractas, que las teorías correspondan de algún modo con los datos experimentales, sin que deba admitir que son una traducción de la realidad. Esto es lo que sucede, por ejemplo, en la física cuántica. Las entidades microfísicas se encuentran enormemente alejadas de las posi-

74. Estas palabras de Feyerabend están recogidas en: J. HORGAN, «Paul Karl Feyerabend: El peor enemigo de la ciencia», *Investigación y Ciencia*, n.º 201 (junio 1993), p. 37.

75. B. C. VAN FRAASSEN, *The Scientific Image*, Oxford University Press, Oxford 1980, p. 12.

76. L. LAUDAN, «A Confutation of Convergent Realism», *Philosophy of Science*, 48 (1981), p. 48.

bilidades de observación; sólo podemos observar algunos fenómenos que tienen una relación lejana con lo que afirma la teoría: en esas condiciones, el científico se da por satisfecho si consigue teorías que estén de acuerdo con los datos y sirvan para efectuar predicciones válidas. Bas C. Van Fraassen, uno de los principales adversarios del realismo en la epistemología contemporánea, se ha dedicado principalmente a la física cuántica, y eso explica en parte su reticencia a admitir el realismo.

Por otra parte, frente a la objeción de Larry Laudan, se puede responder que la función principal del realismo no consiste en explicar por qué funciona la ciencia. El éxito de la ciencia es sólo un argumento a favor del realismo. Se trata, sin duda, de un argumento importante; el realismo puede ser considerado como una condición necesaria para la existencia y el progreso de la ciencia, una condición que es retro-justificada por el progreso científico: en la ciencia experimental buscamos conocer la naturaleza, y el progreso científico muestra que conseguimos nuestro objetivo. En esta línea, Jarrett Leplin ha argumentado que «ciertos supuestos realistas son cruciales para la racionalidad de la investigación»[77]. En efecto, a menos que admitamos que nuestra capacidad cognoscitiva nos permite alcanzar en alguna medida aspectos reales del mundo natural, toda la empresa científica, incluyendo sus resultados y aplicaciones, difícilmente podría tener sentido.

Ronald N. Giere ha argumentado a favor de un «realismo constructivo» que pretende, sobre todo, ser un realismo coherente que no es ni trivialmente verdadero ni obviamente falso[78], y defiende ese realismo frente al empirismo; en concreto, ha argumentado contra el tipo de empirismo propuesto por Bas C. Van Fraassen. De hecho, el empirismo de van Fraassen es muy diferente del que propusieron los neopositivistas, y no intenta derivar las construcciones científicas a partir de los datos de los sentidos: solamente afirma que todo lo que se requiere de las teorías científicas es que se adecúen a los datos empíricos, no que sean verdaderas. Por tanto, este tipo de empirismo renueva la antigua tradición según la cual el objetivo de la ciencia experimental consiste en «salvar los fenómenos». Por supuesto, una buena teoría debe «salvar» (dar cuenta de) los fenómenos, pero en la ciencia también buscamos explicaciones verdaderas.

Giere señala un punto muy importante cuando escribe: «La cuestión es si existen algunas ciencias importantes, o períodos amplios en la vida de algunas ciencias importantes, que se adecúen al modelo empirista. Parece difícil negar que existen. La astronomía griega, la termodinámica al final del siglo diecinueve, y la teoría cuántica en el siglo veinte son candidatos obvios. Puede ser más que una coincidencia que la física cuántica sea la ciencia que van Fraassen conoce

77. J. Leplin, «Methodological Realism and Scientific Rationality», *Philosophy of Science*, 53 (1986), p. 31.

78. R. N. Giere, *Explaining Science: A Cognitive Approach*, cit., pp. 92-110.

mejor. Por otra parte, muchas ciencias contemporáneas, incluyendo la química, la biología molecular y la geología, parecen decididamente realistas[79].

Los ejemplos que menciona Giere en esta cita son muy buenos. En el primer caso se trata de teorías que estudian fenómenos naturales que sólo nos proporcionan algunos datos particulares, de modo que debemos construir teorías bastante abstractas para dar cuenta de ellos; por este motivo, esas teorías se adecúan al modelo empirista: no son una traducción de la realidad, pero están de acuerdo con los datos empíricos y sirven para realizar buenas prediciones. En el segundo caso, las teorías se refieren a fenómenos naturales muy organizados y estables que se pueden representar de modo realista. Esos ejemplos muestran claramente que no podemos proporcionar un criterio uniforme de verdad científica que pueda aplicarse en todos los casos del mismo modo. La verdad científica es siempre contextual, y cada contexto particular incluye las peculiaridades de los fenómenos que se estudian y las correspondientes posibilidades de representarlos usando nuestros modelos y conceptos.

En la misma línea, Ernan McMullin sostiene una forma moderada de realismo científico: «Pienso que existen buenas razones para aceptar una forma prudente y cuidadosamente restringida de realismo científico [...] La versión del realismo que tengo en mi mente sugeriría que en muchas partes de la ciencia, como la geología y la biología celular, tenemos buenas razones para pensar que los modelos postulados por nuestras teorías actuales nos proporcionan una penetración fiable, aunque todavía incompleta, en las estructuras del mundo físico [...] Obviamente, la tesis realista no valdrá, o valdrá sólo de forma atenuada, cuando la teoría se encuentra todavía extremadamente infradeterminada (como en la teoría actual de partículas elementales) o cuando las implicaciones ontológicas de la teoría no son en sí mismas claras en modo alguno (como en la mecánica clásica)»[80].

Las afirmaciones de Giere y McMullin transmiten un mensaje importante. El mensaje es que el realismo depende del nivel de organización del objeto que estudiamos y de las posibilidades de observarlo. Por ejemplo, la geología estudia sistemas altamente específicos y organizados; por tanto, cuando construimos modelos para estudiarlos hemos de ser realistas: sería un contrasentido geológico proponer modelos abstractos que no describiesen la estructura y procesos reales que existen realmente en la Tierra. Algo semejante sucede con las disciplinas biológicas que estudian los aspectos altamente organizados del mundo viviente, y podemos extender también esta consideración a un amplio ámbito de la química y de la astrofísica. En cambio, cuando estudiamos las propiedades más generales

79. R. N. GIERE, «Constructive Realism», en: P. M. CHURCHLAND y C. A. HOOKER (eds.), *Images of Science. Essays on Realism and Empiricism, with a Reply from Bas C. van Fraassen*, The University of Chicago Press, Chicago 1985, pp. 96-97.

80. E. MCMULLIN, «Values in Science», en: E. D. KLEMKE, R. HOLLINGER y A. D. KLINE (eds.), *Introductory Readings in the Philosophy of Science*, Prometheus Books, Buffalo (New York) 1988, pp. 367-368.

de la materia, como sucede en el caso de la mecánica, o los componentes más pequeños del mundo físico, como en el caso de las teorías cuánticas de campos, debemos limitar nuestro estudio a modelos bastante abstractos; en tales casos también buscamos la verdad y, eventualmente, la alcanzamos, pero no somos capaces de obtener representaciones realistas, y la verdad sólo se refiere a la correspondencia entre algunas formulaciones abstractas y los datos empíricos: es la correspondencia entre relaciones matemáticas, por una parte, y los valores medidos de las magnitudes implicadas, por la otra.

Cuando hemos obtenido un conocimiento verdadero en un ámbito que es accesible a una representación realista, no tendría sentido intentar falsarlo. Por ejemplo, no intentamos falsar verdades básicas acerca de la estructura del ADN y de su papel fundamental en la genética. En cambio, intentamos falsar incluso los modelos más apreciados en ámbitos que sólo pueden ser representados utilizando modelos matemáticos abstractos. Es interesante advertir, sin embargo, que incluso cuando estudiamos aquellos ámbitos del mundo natural que se encuentran muy alejados de las posibilidades de observación directa o instrumental, el realismo proporciona el marco general de la investigación científica. Aunque no seamos capaces de proporcionar un significado realista preciso a cada uno de los componentes de nuestros modelos, intentamos determinar las propiedades del mundo real en la medida de lo posible.

Nicholas Rescher ha dedicado un libro entero a estudiar el realismo científico. Rescher critica fuertemente al instrumentalismo y afirma que el objeto de la ciencia se encuentra estrechamente relacionado con el realismo. Enumera varias objeciones anti-realistas que proponen abandonar la noción de verdad en la ciencia experimental, y comenta: «¿Por qué, entonces, no aceptar este veredicto y seguir el camino escéptico eliminando toda referencia a la "búsqueda de la verdad" en relación con el objetivo de la ciencia? La respuesta es muy directa. Está claro que es la *intención* de la ciencia declarar la Verdad, con V mayúscula, acerca de las cosas. Sin este compromiso con la verdad perderíamos nuestro vínculo con la teleología de los objetivos que definen la naturaleza misma de la empresa de la investigación. El *telos* característico de la ciencia, después de todo, es el descubrimiento de hechos, proporcionar respuestas que pretenden ser verdaderas a nuestras preguntas acerca de lo que sucede en el mundo y por qué las cosas suceden como lo hacen»[81].

Los argumentos que Rescher propone a favor del realismo no son totalmente convincentes. Sin embargo, Rescher tiene razón cuando dice que el compromiso con la verdad es esencial para definir los objetivos y la naturaleza misma de la empresa científica.

Una de las discusiones en torno al realismo se refiere a la existencia de *potencias activas que responden a la naturaleza de las cosas* y que desempeñan

81. N. RESCHER, *Scientific Realism: A Critical Reappraisal*, Reidel, Dordrecht 1987, p. 42.

una función en la ciencia. Han defendido su realidad, por ejemplo, Roy Bhaskar y Rom Harré[82]. Harré afirma que una tendencia es una *potencia* que se encuentra como en suspenso, en camino de ser ejercitada o manifestada[83]. Según Harré, se trata de un concepto que desempeña una función central en la reflexión filosófica acerca de la ciencia: «Intento mostrar que el concepto de potencia (*power*) puede desempeñar una función central en una teoría metafísica conforme con una filosofía realista de la ciencia [...] mostraré que las potencias no sólo son indispensables en la epistemología de la ciencia, sino que son el auténtico corazón y la clave de la mejor metafísica para la ciencia. Al hacerlo, mostraré que el concepto de potencia no es mágico ni oculto, sino tan empírico como podamos desear, e incluso más rico en capacidad que los conceptos a los que sucede [...] debemos disponer del concepto de potencia para que la ciencia tenga sentido»[84].

Tanto Harré como Bhaskar ponen de relieve que el empirismo y el realismo conducen a dos tipos diferentes de investigación científica. Una investigación empirista buscará sólo nuevos casos de concomitancias. La realista buscará conocer mejor las causas y sus efectos. La investigación científica se lleva a cabo de acuerdo con la perspectiva realista. Ambos autores defienden un realismo según el cual, para dar cuenta de la *inteligibilidad* en la ciencia, es necesario admitir que el *orden* que se descubre en la naturaleza existe independientemente de la actividad humana. Ese orden consiste en la *estructura* y *constitución* de las entidades, y en las *leyes causales*. Para dar razón de la ciencia se requiere una *ontología* que proporcione una respuesta esquemática a la cuestión: *cómo debe ser el mundo para que la ciencia sea posible*[85].

Las interpretaciones realistas de Bhaskar y de Harré no están exentas de dificultades[86]. Algo semejante sucede con el «experimentalismo» de Ian Hacking, quien ha propuesto una versión del realismo donde se subraya fuertemente el papel de la experimentación dentro del realismo[87]. Pero Bhaskar y Harré subrayan con claridad que la ontología coherente con los conocimientos científicos actuales es una ontología realista que incluye, como ingrediente fundamental, la existencia de relaciones causales que se fundamentan en disposiciones, tendencias y capacidades; que estas características corresponden al modo de ser propio de las entidades; y que es necesario admitir ese orden natural para dar razón de la ciencia.

82. Cfr. R. HARRÉ, «Powers», *The British Journal for the Philosophy of Science*, 21 (1970), pp. 81-101; R. BHASKAR, *A Realist Theory of Science*, Leeds Books, Leeds 1975, pp. 33-36.

83. Cfr. R. HARRÉ, *The Principles of Scientific Thinking*, Mac Millan, London 1970, p. 278.

84. Íd., «Powers», cit., pp. 81, 83 y 85.

85. Cfr. R. BHASKAR, *A Realist Theory of Science*, cit., pp. 27-29.

86. Harré ha propuesto una interpretación realista de la microfísica, que también contiene aspectos muy discutibles: cfr. R. HARRÉ, *Varieties of Realism: A Rationale for the Natural Sciences*, Blackwell, Oxford 1986.

87. Cfr. I. HACKING, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge 1983.

Es interesante aludir a un aspecto del realismo que se relaciona con los valores. En efecto, la búsqueda de la verdad es un valor que posee dimensiones éticas; por tanto, si se admite el sentido realista de la ciencia, deberá admitirse que, en sí misma, como búsqueda de la verdad, la ciencia experimental tiene un valor ético. En un ensayo dedicado a explorar la relación que existe entre la objetividad en la moralidad y la objetividad en la ciencia, Alasdair MacIntyre ha expuesto, en esta línea, sus ideas sobre el significado ético de la ciencia experimental [88]. Su conclusión es que la ciencia natural es una tarea moral. MacIntyre escribe: «... como el arte y el derecho, la ciencia natural es un conjunto de proyectos que encarnan una tarea moral. Esa tarea moral es definida, parcialmente pero de modo importante, por el compromiso de la ciencia con el realismo [...] Dónde nos encontramos con respecto al problema del realismo y cómo escribimos la historia de la ciencia son cuestiones que han de ser respondidas juntas o que, en caso contrario, no pueden serlo» [89].

MacIntyre afirma que la ciencia natural encarna una tarea moral. Esta afirmación es importante, y se justifica apelando al realismo o, más exactamente, al compromiso de la ciencia con el realismo. Es la búsqueda de la verdad, considerada como un bien interno a la ciencia, de lo que aquí se trata: y la búsqueda de la verdad tiene connotaciones morales obvias. Según MacIntyre: «... desde Galileo, el realismo ha sido el ideal que impone restricciones sobre lo que puede contar como solución de un problema científico y proporciona una interpretación de los resultados científicos [...] la práctica de la ciencia a lo largo del tiempo supone una adhesión continua a objetivos realistas» [90]. De este modo, el realismo es visto como un supuesto de la ciencia experimental, que confiere significado a la empresa científica. La ciencia experimental tiene sentido en la medida en que consiste en la búsqueda de la verdad, y el compromiso con esta tarea explica por qué la ciencia es una tarea moral. El progreso científico implica el cumplimiento histórico de esa tarea histórica; muestra que la tarea puede ser cumplida, y también que progresamos en nuestro esfuerzo por alcanzar un conocimiento verdadero del mundo natural.

No hace falta compartir el aire hegeliano e historicista de MacIntyre para admitir con él que «las continuidades de la historia son continuidades morales, continuidades de tareas y proyectos que no pueden definirse sino en referencia a los bienes internos que especifican los objetivos de tales tareas y proyectos. Esas tareas y proyectos se encuentran encarnados en prácticas, y las prácticas están, a su vez, encarnadas en instituciones y en comunidades. La comunidad científica es una entre las comunidades morales de la humanidad, y su unidad sólo resulta

88. A. MACINTYRE, «Objectivity in Morality and Objectivity in Science», en: H. TRISTRAM ENGELHARDT, Jr. y Daniel CALLAHAN (eds.), *Morals, Science and Sociality*, The Hastings Center, Hastings-on-Hudson (New York) 1978, pp. 21-39.
89. Ibíd., p. 30.
90. Ibíd., p. 31.

comprensible teniendo en cuenta el compromiso con el realismo. De este modo, las continuidades en la historia de esa comunidad son, ante todo, continuidades en sus ideales regulativos [...] La construcción de una representación de la naturaleza es, en el mundo moderno, una tarea análoga a la construcción de una catedral en el mundo medieval, o a la fundación y construcción de una ciudad en el mundo antiguo, tareas que podían también resultar interminables»[91].

Si admitimos que la búsqueda de la verdad es el objetivo central de la empresa científica, entonces es fácil estar de acuerdo con que esa empresa posee un carácter ético y exige un compromiso ético. En este caso, la ciencia experimental ya no puede ser considerada como una actividad que se mueve sólo por intereses particulares. La búsqueda de la verdad implica desinterés e imparcialidad con respecto a intereses subjetivos; además, corresponde a una de las aspiraciones más importantes del ser humano. En este sentido, se puede decir que la ciencia experimental posee un carácter ético.

d) *La sociología de la ciencia*

La *sociología de la ciencia* estudia la ciencia como actividad social y proporciona una ayuda importante para la determinación de la naturaleza del conocimiento científico. Ocupa un lugar pionero en esta disciplina Robert K. Merton. Discípulo de Talcott Parsons en la Universidad de Harvard, Merton fue profesor de la Universidad de Columbia en Nueva York. Prolongando las ideas de Max Weber, Merton ha subrayado la importancia de los factores culturales, económicos y sociales en el desarrollo de la ciencia, y también ha analizado la existencia de valores éticos que forman parte de la ciencia como empresa institucionalizada. En su escrito de 1942 «La estructura normativa de la ciencia», Merton analizó los valores contenidos en la ciencia experimental considerada como una institución social[92].

La tradición iniciada por Merton ha continuado. Sin embargo, en las últimas décadas del siglo XX se han publicado numerosos estudios, que suelen agruparse bajo el título de «sociología del conocimiento científico», donde se exagera la importancia de los factores sociológicos en la ciencia experimental, de tal modo que la verdad del conocimiento científico queda oscurecida en medio de las explicaciones sociológicas, que se consideran como la clave principal para explicar la ciencia. Esta perspectiva se encuentra influida por el trabajo de Thomas Kuhn, centrado principalmente en los aspectos sociológicos.

Se suelen distinguir los factores «internos» de la ciencia, que se refieren a los objetivos, métodos y resultados de la ciencia que son independientes de fac-

91. Ibíd., pp. 36-37.
92. R. K. MERTON, *La sociología de la ciencia*, Alianza, Madrid 1977, vol. 2, capítulo 13, pp. 355-368.

tores sociológicos, políticos, etc., y los factores «externos», que son los factores sociológicos, políticos, y otros que no pertenecen a la ciencia en sí misma. Esta distinción ha sido cuestionada por la sociología de la ciencia que se ha desarrollado a partir de la década de 1970. En esta línea se encuadra el denominado «programa fuerte» («*strong programme*») de la sociología del conocimiento de la Escuela de Edimburgo, representado por David Bloor y Barry Barnes. Los defensores del «programa fuerte» afirman que los factores sociológicos producen las causas que explican las creencias de los científicos, tanto las racionales como las irracionales; esas causas explicarían, por consiguiente, tanto la historia interna como la externa de la ciencia. Los papeles del filósofo y del sociólogo aparecen invertidos: es el sociólogo quien llega a determinar las explicaciones reales de lo que sucede en la ciencia.

Por ejemplo, Barnes y Bloor han argumentado en defensa de un «relativismo» según el cual «todas las creencias se encuentran a la par con respecto a las causas de su credibilidad. No es que todas las creencias sean igualmente verdaderas o falsas, sino que, dejando aparte su verdad o falsedad, el hecho de su credibilidad debe considerarse como igualmente problemático [...] (el relativista) acepta que ninguna de las justificaciones de sus preferencias puede ser formulada en términos absolutos o independientes de un contexto. En último análisis, reconoce que sus justificaciones se detendrán en algún principio o hecho presunto que sólo tiene una credibilidad local. La única alternativa es que las justificaciones comenzarán a correr en un círculo y supondrán lo que parece que intentan justificar» [93]. Desde luego, ninguna persona humana y ningún argumento existen independientemente de un contexto, pero esto nada tiene que ver con el relativismo.

Barnes y Bloor afirman que su relativismo no constituye ninguna amenaza para la ciencia, sino más bien para quienes se dedican a tareas académicas que se adaptan fácilmente a la propaganda política o a polémicas personales. Sin embargo, aun admitiendo que los científicos pueden dejarse llevar por ideas equivocadas que proceden de factores sociológicos, parece claro que en la ciencia experimental, como empresa institucionalizada, se busca la verdad, se procura encontrar razones objetivas que apoyen o contradigan las hipótesis, y existen mecanismos para evitar el engaño (sobre todo, el carácter público de las discusiones). Sin duda, los factores sociológicos pueden desempeñar un cierto papel en el desarrollo de la ciencia, incluso a veces un papel importante. Pero caracterizar el desarrollo de la ciencia principalmente mediante los factores sociológicos parece demasiado exagerado. Y el relativismo resulta difícilmente conciliable con los logros de la ciencia experimental.

93. B. BARNES y D. BLOOR, «Relativism, Rationalism and The Sociology of Knowledge», en: D. ROTHBART (ed.), *Science, Reason and Reality. Issues in the Philosophy of Science*, Harcourt Brace, New York 1998, pp. 326-327.

Se han propuesto otros enfoques no menos radicales, como los de Bruno Latour y Steve Woolgar, quienes proponen que el sociólogo estudie la ciencia como un antropólogo que entra en una tribu primitiva completamente alejada de su realidad, o la «epistemología feminista», representada, por ejemplo, por Helen Longino, que rechaza la imagen de la ciencia como conocimiento objetivo y neutral, y sostiene que es posible una «ciencia femenina» que tendría características muy diferentes de la «ciencia masculina». En estos casos, es fácil advertir que el rigor de la sociología puede verse comprometido por ideas demasiado tendenciosas.

8. DENUNCIAS CONTRA EL CIENTIFICISMO Y LA TECNOLOGÍA EN LAS FILOSOFÍAS DEL SIGLO XX

El enorme progreso de la ciencia y de sus aplicaciones condujo, en el siglo XIX, al auge del cientificismo. Su forma típica fue el positivismo, pero también se expresó en otros ámbitos: por ejemplo, el marxismo se presentó como «socialismo científico», como si se apoyara en leyes científicas de la economía y de la historia, frente a los socialismos anteriores que eran calificados como «utópicos». En las últimas décadas de ese siglo, el prestigio de la ciencia era enorme, y se solía asociarlo al triunfo de la razón objetiva tal como la representaba el ideal de la Ilustración.

Sin embargo, en el mismo siglo XIX, el cientificismo fue seriamente criticado por los diversos movimientos románticos y por el idealismo, que incluso, en su forma hegeliana, pretendió introducir cambios en el interior de la misma ciencia. En este contexto, Søren Kierkegaard (1813-1855) y Friedrich Nietzsche (1844-1900) plantaron una semilla que adquirió gran fuerza desde el comienzo del siglo XX, a través del existencialismo y de la fenomenología, y que ha conducido más tarde a movimientos que se enfrentan directamente a la ciencia y a la tecnología.

8.1. *Existencialismo, fenomenología y crítica social*

Los intelectuales europeos del siglo XX han sido, con cierta frecuencia, hostiles con respecto al cientificismo y a la civilización tecnológica. Que se critique el cientificismo es lógico, puesto que se trata de una ideología pseudo-científica que explota el prestigio de la ciencia para fines que nada tienen que ver con ella. El cientificismo presenta una imagen deformada de la ciencia experimental, pues sólo así puede afirmar el monopolio cognoscitivo de la ciencia. Pero con demasiada frecuencia la crítica del cientificismo es inadecuada y confunde el cientificismo con la ciencia, haciendo recaer sobre la ciencia una crítica que sólo debería extenderse al cientificismo. O se achaca a la ciencia una crisis de valores que no se debe propiamente a la ciencia, sino a nuestra comprensión y valoración de

la misma. Examinaremos varias críticas del cientificismo que se han propuesto desde perspectivas diferentes.

Kurt Hübner ha criticado el cientificismo basándose en una reflexión sobre la *ontología de la ciencia*. Hübner se enfrenta al problema de la pretendida superioridad de la ciencia respecto a otras modalidades del conocimiento, y analiza los factores que se proponen para explicar tal superioridad, partiendo del planteamiento siguiente: «Como explicación de la edad científica se señalan principalmente tres razones. En primer lugar: la ciencia se ha impuesto históricamente porque se basa en experiencias generalmente evidentes. En segundo lugar: la ciencia se ha impuesto porque está sostenida por principios de la razón generalmente aceptados. En tercer lugar: debe su predominio a los éxitos prácticos que han demostrado de modo impresionante la superioridad de la ciencia sobre otras formas de interpretación de la realidad, como por ejemplo la religión y el mito. Se pueden resumir estas razones en pocas palabras diciendo: la ciencia debe su victoria histórica y su posición superior a su racionalidad»[94].

Pero Hübner no admite que ninguna de esas tres razones sea válida. Hübner resalta la función que en la ciencia experimental desempeñan las estipulaciones que, al no ser estrictamente demostrables, vienen concebidas como condiciones apriorísticas de las formulaciones científicas; por tanto, no será legítimo justificar la superioridad de la ciencia apelando a experiencias evidentes ni a principios racionales generales. Por lo que respecta al éxito práctico, Hübner hace notar que la ciencia experimental permite obtener ventajas que, sin embargo, no corresponden adecuadamente a las tendencias básicas humanas; en efecto, en el aspecto teórico, la ciencia propone enunciados que se alejan de la inmediatez característica de otros planteamientos, como el religioso, y en el aspecto práctico no satisface los deseos más profundos. En consecuencia, la pretendida superioridad de la ciencia no quedaría justificada por los tres motivos señalados, y el cientificismo no podría ser justificado recurriendo a ellos. Todavía queda otra posibilidad para justificarlo: sostener que la racionalidad científica descubre la inconsistencia de otras interpretaciones de la realidad. Pero esta justificación es también rechazada por Hübner, quien pretende mostrar que aceptar la racionalidad científica, entendida como una perspectiva general acerca de la realidad, supone aceptar criterios de verdad que están condicionados por supuestos indemostrables.

Hübner contrapone la mentalidad *cientificista*, condicionada por una ontología de tipo materialista y reduccionista, a la mentalidad *mítica*. Desde luego, no pretende defender el contenido de los mitos en lo que éstos tienen de fantásticos. Su análisis se centra en lo que él denomina *estructura mítica* que, en oposición al naturalismo cientificista, utiliza categorías de pensamiento en las que lo natural

94. K. HÜBNER, «La naissance de l''age scientifique, resultat des lois ou du hassard?», *Epistemologia*, 10 (1987), número especial (*Les relations mutuelles entre la philosophie des sciences et l''histoire des sciences*), pp. 27-28.

se entrelaza con lo «numinoso», de modo que la experiencia es vista a la luz de categorías que se encuentran más allá de lo natural. En esta línea, Hübner compara la racionalidad en la ciencia y en el mito[95]. Su conclusión es que en ambos tipos de interpretación de la realidad se dan apriorismos que no pueden ser justificados mediante la experiencia, por lo que resultan inconmensurables: «la experiencia mítica y la científica, la razón mítica y la científica son, en cierto sentido, inconmensurables. En cierto sentido significa: podemos compararlas, tal como lo hemos hecho, podemos entenderlas como alternativas; pero no tenemos ninguna medida que esté por encima de ambas y que nos permita juzgarlas. Todo juicio tendría que partir o bien del punto de vista mítico o bien del científico»[96].

La perspectiva de Hübner es historicista, en cuanto que las categorías utilizadas para interpretar la realidad son consideradas en función de las situaciones históricas. Ni la ontología científica ni la mítica podrían ser justificadas apelando a los recursos de la razón o la experiencia, y dependerían de puntos de vista determinados por las condiciones históricas. Se llega así a la conclusión de que esas ontologías no podrían justificarse por sí mismas, apelando a factores meramente internos. Parece que, en último término, la elección entre ellas sería un problema que sólo podría ser decidido mediante una decisión libre. De este modo, Hübner pretende superar el cientificismo, ya que la ciencia supone una ontología cuya aceptación exige una decisión, al igual que sucede con la perspectiva religiosa.

Sin embargo, no parece exacto afirmar que exista realmente una *ontología de la ciencia* que pueda identificarse con un naturalismo cientificista. En la ciencia experimental no nos ocupamos de causas que superan lo natural, pero eso no quiere decir que tales dimensiones no existan: la ciencia experimental no está en condiciones ni de afirmar ni de negar su existencia. El punto de vista de Hübner resulta comprensible si se advierte que lo que él denomina «ontología de la ciencia» corresponde propiamente a la mentalidad cientificista, en la que se niega toda validez a las pretensiones cognoscitivas que no respondan al método de la ciencia experimental. El análisis de Hübner se realiza en el contexto del cientificismo, y pone de relieve la imposibilidad de justificar racionalmente, empíricamente o pragmáticamente esa filosofía pseudocientífica. Sin embargo, sería deseable que se distinguieran con mayor claridad la ciencia y el cientificismo. En sí misma, la ciencia experimental se armoniza con la ontología, mientras que el cientificismo distorsiona tanto la ciencia como la ontología. La distinción entre ciencia y cientificismo hace innecesaria la relativización de las ontologías subyacentes.

Los equívocos cientificistas encuentran un terreno adecuado en los planteamientos de la filosofía moderna que arrancan del dualismo de René Descartes (1596-1650), según el cual la realidad se divide en dos grandes tipos de substan-

95. Cfr. íd., *La verdad del mito*, Siglo XXI, Madrid 1996, pp. 235-284.
96. Íd., *Crítica de la razón científica*, Alfa, Barcelona 1981, p. 287.

cias, el «yo pensante» espiritual y la «substancia extensa» material, de tal modo que todo el mundo material, incluyendo los vivientes e incluso el cuerpo humano, son meras máquinas. Este dualismo radical ha facilitado la disociación creciente entre el mundo material, que sería objeto del estudio científico y de la manipulación técnica, y el mundo espiritual, en donde existirían experiencias y valores puramente subjetivos. Descartes dio gran importancia a ambos mundos, pero el enorme progreso de la ciencia experimental, centrada en torno a lo material, ha facilitado un predominio creciente del cientificismo y del materialismo. Entre las corrientes filosóficas más influyentes en el siglo XX, dos de ellas, el *existencialismo* la *fenomenología*, han adoptado posiciones enfrentadas al cientificismo.

Según Martin Heidegger (1889-1976), uno de los más influyentes filósofos del *existencialismo*, las mismas razones que nos llevan a rechazar el dualismo cartesiano, nos llevan a advertir que la explicación científica del mundo es algo secundario, y que hay que abandonar el concepto de naturaleza como un simple objeto de manipulación: el deterioro del medio ambiente sería una de las consecuencias del dualismo cartesiano. Los existencialistas centran su atención en lo que significa la existencia humana en el mundo. Aunque adoptan posiciones muy diferentes que abarcan desde el ateísmo hasta la religiosidad, suelen coincidir en negar que pueda darse una descripción completamente objetiva del mundo que no tenga en cuenta los intereses humanos. Desde luego, esto es verdad si consideramos la realidad desde una perspectiva global, pero a veces se interpreta de un modo que parece minusvalorar los logros de la ciencia experimental.

Según Edmund Husserl (1859-1938), padre de la *fenomenología*, nuestra relación original con el mundo se realiza a través de experiencias en las que el «significado» ocupa un lugar central, de modo que deberíamos poner entre paréntesis la imagen científica del mundo con objeto de revelar el significado que las cosas tienen en el mundo vivido; la ciencia destruye ese significado y, con él, los «valores», que quedan reducidos a algo subjetivo: de ahí surgiría la auténtica crisis europea. Sin embargo, no parece que haya motivo para relegar a la ciencia a un plano secundario, como si, de este modo, se solucionaran los problemas que se originan debido a una comprensión insuficiente de su naturaleza y de su lugar en la vida humana.

Más centrada en la *crítica social*, la Escuela de Frankfurt, de inspiración marxista, propuso una «teoría crítica» que identificaba el cientificismo con el capitalismo, y etiquetaba como «positivista» a Karl Popper, que siempre se consideró un crítico del positivismo. El exponente más importante de esa Escuela fue Theodor Adorno (1903-1969), quien establecía una contraposición entre el científico, que impondría una especie de camisa de fuerza a nuestra percepción de la realidad, y el artista emancipado y creativo. El conocimiento científico, presuntamente objetivo, tendría como consecuencia la alienación de los seres humanos, que quedarían indefensos ante el capitalismo que reduce todo a una sola dimen-

sión: la eficacia técnica. En esa línea, Herbert Marcuse (1898-1979) habló del «hombre uni-dimensional»[97].

Marcuse criticó la racionalidad científica como «uni-dimensional», acusándola de reducir los problemas humanos a lo que puede ser tratado mediante la mentalidad analítica, sin plantearse los problemas reales que condicionan nuestra existencia. La racionalidad científica sería esencialmente instrumentalista, en cuanto que sólo se ocupa de estudiar los medios o instrumentos sin referencia a la realidad social que determinaría cómo se utilizan; al proyectarse la mentalidad instrumentalista en la realidad social, la consecuencia sería la falta de libertad, puesto que todo queda sometido al aparato técnico que proporciona mayor productividad y confort[98].

Según Marcuse, la racionalidad científica es asumida por la filosofía analítica. Esta filosofía tendría, por tanto, un carácter intrínsecamente ideológico, ya que lleva a dejar la realidad social tal como está. Por este motivo, califica a la filosofía analítica como pseudomasoquismo académico, autohumillación y autodenuncia de la ineficacia de la filosofía[99].

En la perspectiva de Marcuse, dado que la racionalidad científica es instrumental, se presenta como neutral respecto a la ética. De este modo los valores, separados del conocimiento objetivo, se convierten en algo meramente subjetivo. Marcuse señala que la única manera de atribuirles validez sería recurrir a una sanción metafísica, tal como la ley natural y divina; pero añade que la mentalidad científica considera que esa sanción no sería verificable ni objetiva, ya que todo lo que no puede ser tratado por el método científico queda relegado al plano de ideales, que son materia de preferencias subjetivas. Por otra parte, según Marcuse, esas dificultades no podrían resolverse recurriendo a filosofías como la aristotélica o la tomista, que estarían refutadas por la razón científica. El resultado sería que, de hecho, todo viene regulado por la razón científica, que considera sus objetos como simples instrumentos. Aparentemente, la ciencia sería neutral respecto a los problemas humanos. Sin embargo, Marcuse concluye que la ciencia, al ser aplicada a la tecnología, produce unos condicionamientos sociales de los modos de producción, que ya no son neutrales[100]. Su propuesta es que la propia estructura de la ciencia debería cambiar. La modificación de las estructuras sociales produciría un mundo diferente, pacificado, y entonces la ciencia encontraría unas condiciones experimentales diferentes, de tal modo que en la ciencia se obtendrían hechos y conceptos que también diferirían esencialmente de los actuales[101]. Marcuse propone el abandono de la racionalidad científica: se-

97. H. MARCUSE, *One-dimensional man*, Routledge, London 1974.
98. Cfr. ibíd., pp. 157-158.
99. Cfr. ibíd., pp. 172-173.
100. Cfr. ibíd., pp. 147-154.
101. Cfr. ibíd., pp. 166-167.

ría necesario cambiar la ciencia misma, y para ello debería cambiarse en primer lugar la sociedad.

Sin embargo, es difícil imaginar la sociedad utópica preconizada por Marcuse. Y todavía es más difícil hacerse una idea de cómo sería la nueva ciencia en esa sociedad. ¿Cambiarían las leyes de la física, de la química y de la biología? Parece que así debería ser. Como es lógico, Marcuse no proporciona la menor indicación sobre las características de esa nueva ciencia.

La negación de la objetividad de los valores proviene de la negación de la metafísica. En la óptica marxista de Marcuse, la contradicción es la clave explicativa de la historia social, que sería la realidad en su aspecto más profundo, de modo que no queda lugar para una metafísica concebida como estudio filosófico fundamental.

En definitiva, la superación del cientificismo encuentra dificultades enormes cuando no se toma, como punto de partida, una imagen adecuada de la ciencia (que nada tiene que ver con el cientificismo) y no se admite una ética basada en una metafísica rigurosa.

8.2. *Los límites de las ciencias desde las instancias éticas, humanistas y ecologistas*

Se ha dicho que la ciencia experimental moderna perdió su inocencia cuando, en agosto de 1945, se lanzaron las dos bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki. Hasta entonces era posible sostener, con la mayoría de los científicos, que la ciencia experimental es éticamente neutral: se limita a registrar hechos y leyes objetivos, tal como existen en la realidad, de modo que la posterior utilización de ese conocimiento con fines prácticos debería juzgarse de acuerdo con los cánones éticos correspondientes. Esta valoración de la ciencia supone que se acepta la distinción entre ciencia «pura» y «aplicada», de modo que la ciencia pura sería objetiva y neutral desde el punto de vista ético, y los problemas éticos sólo se encontrarían en la ciencia aplicada o tecnología, o sea, cuando se aplican los conocimientos proporcionados por la ciencia pura a situaciones prácticas que poseen dimensiones éticas. Pero esta distinción, aparentemente clara, comenzó a aparecer como demasiado teórica cuando comenzó la era nuclear, y este punto de vista ha adquirido proporciones cada vez mayores con el posterior progreso científico y tecnológico.

En efecto, ¿cómo podría sostenerse en la actualidad que la ciencia pura es éticamente neutral, si se tiene en cuenta que, de un modo u otro, cualquier avance científico puede ser utilizado potencialmente con fines económicos o políticos, controlados por los gobiernos y las grandes empresas? Con frecuencia, las líneas de investigación vienen determinadas de antemano por esos fines económicos o políticos. La investigación científica exige, en ocasiones, grandes inversiones que sólo suelen estar al alcance de los grandes poderes sociales. Existen

ejemplos de científicos que, ante esta situación, han optado por abandonar su trabajo, sitiendo que podría ser fácilmente empleado para fines éticamente poco justificables.

Además, el enorme progreso de la ciencia ha conducido a una situación en la cual no siempre es fácil distinguir con claridad la ciencia pura y la aplicada, dado que los experimentos necesarios para la investigación son verdaderos montajes tecnológicos. Esto sucede, por ejemplo, cuando se estudia la composición de la materia en la escala microfísica; los laboratorios de altas energías, donde se investigan las partículas subatómicas, contienen instalaciones enormes donde se encuentran muchas construcciones de gran envergadura que exigen un trabajo de alta tecnología para su construcción y funcionamiento. A veces se dice que hemos llegado a una nueva situación en la cual ya no tiene sentido la distinción antigua entre la ciencia pura y la ciencia aplicada: existiría una sola realidad en la cual se encontrarían ambas mezcladas, sin distinción posible, y que podría llamarse «tecnociencia».

Parece posible, no obstante, mantener la distinción entre ciencia pura y aplicada, aunque, sin duda, puedan existir muchas circunstancias en las que se encuentren combinadas en diferente medida. En efecto, nos encontramos en el nivel de la ciencia pura cuando intentamos obtener nuevos conocimientos acerca de la naturaleza utilizando métodos científicos; en cambio, trabajamos en ciencia aplicada o tecnología cuando los objetivos que perseguimos son directamente prácticos. Una diferencia clara entre los dos casos consiste en que, en la tecnología, nos damos por satisfechos si conseguimos los fines prácticos deseados, aunque subsistan muchas incertidumbres acerca del fundamento teórico; en cambio, en la ciencia pura, cualquier incertidumbre es considerada como un problema que debe investigarse ulteriormente.

En la ciencia pura, no menos que en la aplicada, intentamos resolver problemas. Pero el tipo de problemas es diferente en los dos casos, al menos en principio. Por ejemplo, a finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI, puede considerarse como una investigación típica de ciencia pura en un laboratorio de física nuclear, como el Cern de Ginebra o el Fermilab de Chicago, la búsqueda del bosón de Higgs, partícula hipotética que permitiría comprender la masa de las partículas subatómicas; sin embargo, en esos mismos laboratorios se plantean continuamente problemas tecnológicos relacionados con la mejora de los colisionadores, detectores y otras instalaciones utilizadas para buscar la partícula de Higgs. Ambos tipos de trabajo se encuentran relacionados y casi siempre están mezclados en diferentes dosis, pero es posible distinguirlos.

Esa distinción es importante en vistas a la valoración ética de la ciencia. En la ciencia pura, la búsqueda de conocimiento sólo está limitada, desde el punto de vista ético, por el tipo de medios que se utilicen para obtener ese conocimiento: no sería lícito, en ningún caso, utilizar medios moralmente inaceptables con el pretexto de que permitirían obtener resultados interesantes o útiles. En cambio, la

ciencia aplicada o tecnología contiene elementos éticos en todas sus dimensiones: en los fines que se buscan, en los medios que se utilizan, en la aplicación de los conocimientos a situaciones concretas.

Estas distinciones pueden parecer, en ocasiones, difíciles de aplicar en concreto. Además, resulta evidente que la ciencia experimental no proporciona, por sí misma, criterios éticos que permitan decidir la moralidad de sus aplicaciones. Cualquier avance científico puede ser utilizado para bien o para mal, desde el punto de vista ético. Y el enorme progreso científico de nuestra época lleva fácilmente a pensar que lo que es técnicamente posible es, automáticamente, aceptable éticamente. Quizá esto explique, en parte, que en nuestros días se sienta la necesidad de subrayar los límites de las ciencias desde las instancias éticas, humanistas y ecologistas.

Desde el punto de vista ético y humanista, la ciencia encuentra límites infranqueables. Esos límites parecerán inexistentes a quien sólo acepte la perspectiva científica; pero es claro que la ciencia, por sí misma, no se encuentra en condiciones de decidir acerca de cuestiones éticas y humanistas.

El *ecologismo* plantea, en la actualidad, problemas relacionados con los límites de la ciencia y de la tecnología. Pero es preciso distinguir *ecologismo* y *ecología*. La *ecología* es una rama de la ciencia, que se ha desarrollado durante el siglo XX, cuando el progreso en muchas ramas de la ciencia ha permitido plantear con suficientes garantías problemas interdisciplinares que se refieren a las condiciones en que se desarrolla la vida en nuestro planeta. Al mismo tiempo, el *ecologismo* plantea programas y acciones políticas relacionados con los problemas de la ecología, ya que el progreso de la ciencia y de sus aplicaciones tecnológicas han llevado a tomar conciencia de los efectos secundarios perjudiciales, en el presente o para las generaciones venideras, causados por la ciencia y la tecnología.

El termino «ecología» fue acuñado por Ernst Haeckel en 1866. La ecología estudia las relaciones, distribución y abundancia de organismos o grupos de organismos en un determinado medio ambiente. Se centra en torno a los vivientes, y su objeto característico son los «ecosistemas». Un ecosistema es una unidad espacial que incluye todos los organismos, junto con todos los componentes del medio ambiente no vivo donde se encuentran. Evidentemente, podemos distinguir una gran diversidad de ecosistemas, e incluso podemos adoptar diferentes puntos de vista en la ecología[102]. Por ejemplo, en función de los conceptos o perspectivas en que nos centramos, podemos fijar nuestra atención en el paisaje, en diferentes ecosistemas, en la fisiología o en el comportamiento de los organismos, etc.; en función de los tipos de organismos, tendremos una ecología que

102. Puede verse, por ejemplo: S. I. DODSON y otros, *Ecology*, Oxford University Press, Oxford 1998, donde, en ocho capítulos, los ocho autores exponen diferentes tipos de preguntas que se plantean los ecólogos.

centrada en las plantas, los animales, los seres humanos, los ciervos, etc.; en función del hábitat, la ecología se centrará en el hábitat terrestre, en los lagos, en los océanos, en la selva, etc.; en función de las aplicaciones, podemos hablar de una ecología de conservación, de la agricultura, de la restauración, etc.[103].

El ecologismo se asocia, con frecuencia, a movimientos socio-políticos. La preocupación ecológica ha provocado también un amplio interés en los ámbitos de la filosofía y de la teología.

Por ejemplo, suele admitirse que la cosmovisión mecanicista implicaba una idea de la naturaleza según la cual ésta era considerada como carente de valor en sí misma, como lo no-humano, que podría e incluso debería ser manipulado a capricho; la revolución industrial acentuó más aún la búsqueda de un dominio sobre la naturaleza que carecía de límites o reglas. En cambio, el movimiento romántico exaltó lo natural, tanto en el hombre como en el resto de la naturaleza. En la actualidad, algunos problemas relacionados con el medio ambiente han llegado a ser importantes, y esto ha estimulado el interés por tales problemas tanto desde el punto de vista de la ciencia y la tecnología, como de la filosofía y la teología. Se subraya la actitud de respeto hacia la naturaleza, la responsabilidad hacia las generaciones futuras, e incluso las raíces religiosas de la actitud ecológica. En ocasiones se formulan versiones extremas del ecologismo que resultan inadecuadas porque, por ejemplo, no se respeta la diferencia esencial entre la persona humana y otros vivientes.

8.3. *Los movimientos anticientíficos y la postmodernidad*

En arquitectura y otras artes, el «postmodernismo» es un estilo que, surgido en las últimas décadas del siglo XX, se enfrenta al «modernismo»: así como el modernismo subraya la pureza de formas y de técnicas, el postmodernismo utiliza combinaciones de estilos un tanto paradójicas. Esta situación también se ha manifestado en el mundo de la cultura y de la filosofía, de tal modo que se habla de la «post-modernidad» como una época o un estilo que se enfrenta a la «modernidad».

Bajo el término «modernidad» se incluye la cultura de los siglos XVIII y XIX, donde predomina la idea de progreso, y se contempla el progreso como estrechamente relacionado con el avance de las ciencias, que permitirían un progreso indefinido gracias al cual la humanidad podría liberarse progresivamente de todos sus problemas. En cambio, el pensamiento postmoderno subraya las dificultades, las incertidumbres, la fragmentación del saber humano, los nuevos problemas causados por el progreso; propugna lo que se ha llamado «pensamiento débil»,

103. S. I. DODSON, «What is Ecology?», en: S. I. DODSON y otros, *Ecology*, cit., p. 4.

que evita las grandes cuestiones y las soluciones tajantes y se centra en problemas particulares, poniendo de relieve que los problemas son complejos, que pueden afrontarse desde muchas perspectivas diferentes, y que debería renunciarse a las certezas definitivas.

Sin duda, el pensamiento postmoderno tiene una parte de razón: la confianza ciega en un progreso indefinido, típica de la modernidad, que muchas veces se encuentra asociada al cientificismo, es demasiado ingenua. Sin embargo, se corre el peligro de caer en el extremo contrario, minusvalorando la capacidad de la razón y el valor de los logros humanos.

A modo de ilustración, veamos un ejemplo que puede considerarse típico del enfoque postmoderno aplicado a la ciencia experimental. Los partidarios de ese enfoque suelen afirmar que el desarrollo de nuevas ramas o teorías científicas, tales como la geometría fractal y las teorías del caos determinista, están conduciendo a la ciencia experimental hacia una nueva imagen de la naturaleza que es esencialmente postmoderna. Según D. L. Madsen y M. S. Madsen, el carácter postmoderno de la nueva imagen incluiría los siguientes aspectos: «La predecibilidad y la certeza se han tornado problemáticas con el caos, y los conceptos básicos de la ciencia convencional han sido socavados por un nuevo énfasis sobre la imposibilidad de la objetividad y de alcanzar un conocimiento absoluto [...] la ciencia postmoderna debe adoptar una nueva perspectiva que otorga prioridad a la naturaleza provisional de nuestra comprensión de las estructuras totales, dentro del contexto proporcionado por los estudios recientes sobre la emergencia de comportamiento complejo a partir de subsistemas simples» [104].

Esta perspectiva subraya los límites del conocimiento científico que, se dice, es mucho más problemático, incierto, y no-objetivo de lo que anteriormente se pensaba. Se presenta al conocimiento como dependiente de contextos y, por tanto, relativo. Los autores que apoyan esta perspectiva formulan su objetivo en estos términos: «Intentaremos demostrar que los aspectos puramente postmodernos de la ciencia pueden ser vistos como proporcionando una deconstrucción explícita de los objetivos de la ciencia modernista. La comprensión de la ciencia como una *subcultura* postmoderna, o un conjunto suave y contextualmente relacionado de subculturas, liberaría a la ciencia de sus conflictos vacíos y definitivamente estériles con la literatura, la religión y la política, así como de la lucha vigorosamente contestada por la igualdad entre las ciencias [...] Nuestra intención en este ensayo es describir la construcción de una ciencia genuinamente postmoderna, basada sobre la estructura de la ciencia del siglo XX tal como se entiende y practica en la actualidad» [105].

104. D. L. MADSEN y M. S. MADSEN, «Fractals, Chaos and Dynamics: The Emergence of Postmodern Science», en: Steven EARNSHAW (ed.), *Postmodern Surroundings*, Rodopi, Amsterdam 1994, p. 119.

105. Ibíd., pp. 120-121.

Las últimas palabras parecen implicar que la ciencia postmoderna no necesita ser construida, pues parece, más bien, que ya existe. Esta es la opinión de los autores mencionados, quienes escriben: «¿Cómo tenemos que construir una ciencia verdaderamente postmoderna? La respuesta se basa en el reconocimiento de que la mayor parte de la ciencia actual ya tiene la estructura de una disciplina postmoderna» [106]. El estudio de los sistemas dinámicos, del caos y de los fractales, es considerado por los autores como un ejemplo de ciencia postmoderna, y el ordenador es visto como un «instrumento de investigación quintaesencialmente postmoderno».

Este argumento postmodernista se centra en torno a la negación de la certeza o del absolutismo en favor de la contextualidad. El resultado sería el siguiente: «Como consecuencia de esta modelización relacional, las diferentes ciencias son igualmente importantes, ya que ninguna rama del conocimiento es más fundamental que otra. En efecto, en virtud de este criterio se ve que los estudios sociales y literarios deberían ser tan importantes para la cultura humana como las disciplinas científicas» [107].

Por tanto, los autores de esta propuesta no intentan cambiar nada dentro de la ciencia experimental. Afirman que la ciencia postmoderna ya existe. Sólo intentan explicar las características de la ciencia postmoderna y hacer explícitas sus consecuencias. La consecuencia central es igualar las diferentes ciencias: la ciencia natural debería dejar de ser un conjunto de disciplinas supuestamente «duras» donde existe un tipo especial de objetividad y certeza, y pasaría a ocupar un lugar en la cultura humana en el mismo nivel que las otras ciencias y empresas intelectuales. Se afirma que la ciencia actual ya no tiene las pretensiones absolutistas que tenía la ciencia «moderna», de modo que debería ser colocada en el mismo nivel que ocupan las disciplinas humanísticas. Los autores que defienden esta postura parecen suponer que la metafísica, o la religión, o la perspectiva humanística, para que puedan ser consideradas respetables, deben poseer un rigor comparable al de la ciencia experimental.

Sin embargo, ese supuesto se basa en equívocos serios. La ciencia experimental posee un tipo especial de fiabilidad porque se centra en torno al estudio de las pautas naturales espacio-temporales, exigiendo que las teorías científicas puedan someterse a un control experimental intersubjetivo y repetible. Esta exigencia no podría realizarse en un mundo más desordenado que el nuestro (en un mundo tal, tampoco podrían existir seres humanos), pero nuestro mundo posee un grado muy elevado de orden y organización, lo cual hace posible el progreso de la ciencia experimental. Pero las mismas razones que explican la peculiar fiabilidad de la ciencia experimental también explican cuáles son sus límites y cuál es su lugar dentro del contexto más amplio de la vida humana; en efecto, la cien-

106. Ibíd., p. 126.
107. Ibíd., p. 130.

cia experimental se autolimita, excluyendo los problemas que no puedan tratarse según su método: tales son los problemas metafísicos y religiosos, por ejemplo, y esos problemas, aunque no puedan tratarse según los métodos de la ciencia experimental, son reales, legítimos y centrales en la vida humana. Construir una imagen distorsionada de la ciencia experimental para ponerla de acuerdo con las ideas propias, aunque sea con el deseo de mostrar su compatibilidad con otras perspectivas, no sólo es incorrecto, sino también insostenible e innecesario: y esto es lo que sucede en posiciones post-modernas tales como la mencionada.

Una perspectiva diferente es la que defienden los «movimientos anti-científicos», que acusan a la ciencia, o a la filosofía de la ciencia, de ser causantes de muchos males de la sociedad actual. Entre los autores más influyentes de la filosofía de la ciencia en el siglo XX, Paul Feyerabend se ha visto asociado a esos movimientos. Esa asociación no es enteramente justa, porque Feyerabend no reaccionaba contra la ciencia, sino contra el cientificismo; sin embargo, como su reacción le llevó a un anarquismo epistemológico un tanto caótico, sus protestas pueden parecer, al menos en su tenor textual, un apoyo a las ideas anticientíficas. Por ejemplo, cuando escribe: «... el anarquista epistemológico tratará de convencer a su auditorio de que la única regla *universal* de la que puede decirse honestamente que está en concordancia con los movimientos que ha de realizar un científico para hacer que su ciencia avance es *todo vale*»[108]. Declaraciones como ésta, o análisis de «ciencias alternativas» a las que presenta en el mismo plano de legitimidad que la ciencia «oficial», parecerían apoyar un anarquismo radical, olvidando que el lema *todo vale*, como se ve en la cita anterior, es una reacción frente a quienes afirman que existen reglas *universales* en la ciencia. La posición de Feyerabend no es simplemente anticientífica, y quizás no lo es en ningún sentido: ciertamente es «anticientificista», pero eso es otra cosa.

Se podría encontrar algo positivo en los movimientos anti-ciencia en ideas tales como las siguientes: la necesidad de superar el cientificismo (que no es ciencia, sino una distorsión de la ciencia); la necesidad de incluir evaluaciones éticas cuando se trata de decidir las aplicaciones del conocimiento científico; y la importancia de tener en cuenta los factores ecológicos en la programación de la investigación científica y tecnológica, y en la aplicación de los resultados de esa investigación.

108. P. K. FEYERABEND, «El mito de la ciencia y su papel en la sociedad», Teorema, Valencia 1979, p. 33.

Capítulo IV
La naturaleza de la ciencia

La ciencia es un tipo de saber, y más en concreto, un saber que va más allá de la experiencia ordinaria. En la ciencia buscamos un conocimiento que trasciende las apariencias. Utilizamos el razonamiento, la argumentación, para averiguar lo que no se manifiesta inmediatamente al conocimiento ordinario.

Existen diferentes tipos de ciencia, en función de los diferentes aspectos de la realidad que deseamos conocer en cada caso. Aunque las capacidades de argumentar son comunes a todas las personas y se utilizan en todos los ámbitos, las modalidades y el valor del razonamiento varían en función de los objetos que estudiamos: por ejemplo, no es lo mismo investigar las propiedades de los componentes microfísicos de la materia que estudiar los aspectos sociológicos de la conducta humana.

Además, las ciencias progresan. Las ramas de la ciencia que conocemos en la actualidad han surgido y se han consolidado en diferentes momentos de la historia. Por tanto, nuestras ideas acerca de la ciencia incluyen matices que no podían estar presentes cuando no existían muchas disciplinas científicas que se encuentran hoy día bien consolidadas.

Examinaremos a continuación la naturaleza de la ciencia, la diversidad de sus ramas, y la relación entre las diferentes ciencias. Aunque para realizar esta tarea necesariamente hemos de utilizar interpretaciones, deberemos contar con una descripción lo más objetiva posible de las ciencias tal como existen en la realidad.

9. Naturaleza de la ciencia

¿Existen características que son comunes a todas las ciencias, a pesar de su diversidad? En principio, se puede dar una respuesta afirmativa. Al menos idealmente, todas las ciencias utilizan la experiencia y los argumentos racionales, para buscar explicaciones que permitan resolver los problemas que se plantean en sus respectivos ámbitos. Examinaremos ahora esas características comunes a las di-

versas ciencias, que se refieren a los objetivos que buscan, a los métodos que emplean y a los resultados que obtienen.

9.1. *La actividad científica como saber explicativo o de fundamentos*

La ciencia se encuentra en continuidad con la búsqueda de conocimiento en la vida ordinaria. En los dos ámbitos nos planteamos problemas y buscamos resolverlos mediante un esfuerzo intelectual, buscando explicaciones que nos permitan comprender por qué suceden las cosas. La diferencia consiste en que, en la vida ordinaria, esa búsqueda puede ser más o menos consciente, mientras que en la ciencia se trata de una búsqueda sistemática.

Por tanto, la ciencia incluye los siguientes aspectos: primero, la búsqueda de *explicaciones* que permitan resolver problemas; y segundo, el carácter *sistemático* de esa búsqueda. Puede añadirse un tercer aspecto: en la ciencia se busca el *rigor*, de modo que las explicaciones se someten a pruebas que permitan comprobar su validez.

El ideal clásico de ciencia suele expresarse en pocas palabras como un *conocimiento cierto por causas*. Debe advertirse inmediatamente que siempre se ha sabido que es difícil obtener conocimiento cierto, y que la búsqueda de verdaderas causas tampoco es sencilla; en nuestra época, además, se insiste en esas dificultades. Sin embargo, esa noción de ciencia sigue siendo válida, aunque tiene un carácter un tanto ideal. De hecho, podemos alcanzar una mayor certeza acerca de las causas en la medida en que estudiamos objetos que necesariamente son como son; pero esto sólo sucede cuando estudiamos temas metafísicos que, por otra parte, son los más difíciles: en el mundo físico tropezamos continuamente con la contingencia de la materia, que pone límites al determinismo de las causas y a la certeza del conocimiento, y en el ámbito de la conducta humana encontramos la libertad, que pone límites todavía mayores a la búsqueda de explicaciones causales.

También se suele afirmar que la ciencia busca explicaciones *universales* y *necesarias*. En efecto, el punto de partida de la ciencia siempre consiste en problemas que plantean interrogantes, y lo que se busca es explicarlos, determinando por qué se dan esos estados de cosas. En la medida en que obtengamos auténticas explicaciones, se tratará de conocimientos que poseen cierta generalidad. Por ejemplo, si sabemos que los cuerpos más densos que el agua se hunden cuando se los coloca en una superficie de agua líquida, poseemos una explicación general de por qué unos cuerpos se hunden y otros flotan en el agua. Una explicación universal posee máxima generalidad, pero es difícil obtener explicaciones de ese tipo; pueden darse en el ámbito de la metafísica, que estudia las características más generales de los seres, pero en el mundo físico nos encontramos con situaciones contingentes en las que intervienen muchos factores, de modo que pocas veces podemos afirmar que una característica es verdaderamente universal.

Por motivos semejantes, tampoco es fácil obtener explicaciones absolutamente necesarias. Por tanto, la universalidad y la necesidad son ideales de la explicación científica que se realizan en diversos grados en los diferentes casos.

Buscar explicaciones y causas equivale a buscar los *fundamentos* de aquello que intentamos explicar. En la epistemología contemporánea se insiste mucho en la provisionalidad de los logros científicos, de tal modo que no parece quedar lugar para el concepto de fundamentación, que sugiere algo sólido y estable. Sin embargo, en la medida en que consigamos explicaciones auténticas, podemos decir que alcanzamos de algún modo una verdadera fundamentación. En este tipo de temas se nota la influencia de los planteamientos cartesianos típicos de la modernidad: frente a la pretensión racionalista de alcanzar certezas absolutas mediante demostraciones a partir de fundamentos completamente indudables, se pone de relieve, con razón, el carácter limitado de nuestro conocimiento y la contingencia de la naturaleza. Pero no hay motivo para caer en el extremo opuesto, o sea, en posiciones relativistas o escépticas que niegan la legitimidad de cualquier tipo de certeza.

Hablamos de la *actividad científica*. De este modo se subraya que la ciencia es, ante todo, una actividad humana. Evidentemente, cuando hablamos aquí de ciencia, nos referimos a la ciencia humana, no a la divina. El conocimiento que Dios tiene de todo, como Causa Primera que da el ser a todo lo que existe, es la ciencia divina, que es perfecta: ni siquiera se encuentra limitada por la contingencia del mundo físico ni por la libertad humana, ya que Dios es el fundamento radical de todo ser y se encuentra en un nivel diferente al de los seres creados. En cambio, nuestra ciencia es humana: se encuentra afectada por los límites de los objetos que conocemos y por los límites de nuestras capacidades cognoscitivas.

No es extraño que nuestra ciencia sea limitada. En realidad, lo que resulta asombroso es que, basándonos en los pocos datos que nos llegan del mundo exterior a través de nuestros sentidos externos, que son enormemente limitados, seamos capaces de obtener tanto conocimiento.

Al subrayar que la ciencia es una actividad humana, se abre el paso a una perspectiva que permite distinguir los diferentes aspectos de la ciencia y, sobre esa base, valorar adecuadamente su naturaleza y sus logros. Vamos a exponer a continuación esa perspectiva, distinguiendo tres niveles en la ciencia: sus *objetivos*, sus *métodos* y sus *resultados*.

9.2. *Objeto y método de las ciencias en general*

En primer lugar, la ciencia es una *actividad humana dirigida hacia unos objetivos determinados*. En segundo lugar, para conseguir esos objetivos utilizamos unos *métodos* específicos. Y en tercer lugar, al aplicar esos métodos obtenemos unos *resultados* concretos.

a) *Objetivos de las ciencias*

Nos referiremos en primer lugar a *los objetivos de las ciencias*. Aunque las ciencias consisten en un cierto tipo de conocimiento, concretamente en un conocimiento mediato que se obtiene mediante argumentaciones, esto no significa que los objetivos de todas las ciencias sean completamente teóricos. Muchas ciencias combinan la búsqueda de conocimiento con objetivos prácticos: por ejemplo, en las ciencias naturales se intenta obtener conocimientos que permitan un dominio controlado de la naturaleza, y en las ciencias de la educación se busca un conocimiento que permita mejorar la práctica pedagógica.

Incluso puede decirse que ninguna ciencia tiene un objetivo puramente teórico o especulativo. Ni siquiera las ramas más abstractas de la filosofía, como la metafísica, son puramente teóricas. En efecto, aunque la metafísica no proporcione indicaciones concretas sobre la vida práctica y se cultive por puro amor a la sabiduría, nos aporta conocimientos que influyen en los problemas más profundos de la vida humana; la metafísica es el esqueleto sobre el que se asienta nuestra cosmovisión, lo que pensamos acerca del mundo, del hombre y de Dios: influye en toda nuestra actuación, aunque con frecuencia sólo de modo implícito. En realidad, toda persona humana tiene su filosofía e incluso su metafísica; lo que sucede es que, en muchos casos, esa metafísica se encuentra en un estado implícito, poco reflejo, con los inconvenientes que esto conlleva: una metafísica poco consciente influye mucho en las propias actitudes y actuaciones, sin que el sujeto sea consciente de ello y, por tanto, sin que tenga control sobre esos factores. El estudio científico de la metafísica nos permite conocer mucho mejor nuestras propias ideas y actitudes ante la realidad y, por tanto, adoptar posiciones más auténticas y coherentes.

Todas las disciplinas filosóficas se relacionan con objetivos prácticos. La felicidad es el objetivo práctico por excelencia de la vida humana. Por tanto, el estudio científico de la ética tiene un gran interés práctico, y algo semejante puede decirse de las disciplinas filosóficas que constituyen el armazón sobre el que descansa la ética.

En definitiva, si tenemos en cuenta que, en la vida humana, teoría y praxis se encuentran íntimamente relacionadas, podemos advertir que todas las ciencias tienen objetivos teóricos (búsqueda de conocimiento) y, al mismo tiempo, objetivos prácticos (dominio de la naturaleza, mejora de la actividad humana en el nivel individual o en el social). El conocimiento es la base para la práctica, y los problemas prácticos son un estímulo para la búsqueda de conocimiento. Sin duda, algunas ciencias tienen un carácter marcadamente teórico mientras que en otras predomina la vertiente práctica, dándose todo tipo de combinaciones intermedias.

Lo que caracteriza a una ciencia concreta es el tipo de objetivos que persigue, y la relación que existe entre los objetivos teóricos y los prácticos de esa ciencia.

En una ciencia concreta se pueden distinguir diferentes *tipos de actividad*, si se buscan objetivos particulares diferentes, aunque todos se encuentren dentro del objetivo general de esa ciencia. Por ejemplo, en la ciencia experimental se puede distinguir la *investigación*, en la que se busca obtener nuevos conocimientos; la *sistematización*, dirigida a formular de modo ordenado los conocimientos particulares que se obtienen; la *transmisión* de los conocimientos, que se refiere al modo de comunicarlos, y la *aplicación* del conocimiento, para resolver los problemas científicos concretos. Las cuatro actividades se encuentran, sin duda, estrechamente relacionadas y no son independientes una de otra, pero no son idénticas, y dan lugar a diferentes imágenes de la ciencia. Así, Karl Popper ha centrado su atención en la obtención de nuevos conocimientos, e incluso en las grandes teorías de la ciencia, y por eso insiste en la actitud crítica y en la búsqueda de contraejemplos como claves del método científico; en cambio, Thomas Kuhn ha destacado la importancia de la «ciencia normal» que se centra en paradigmas aceptados y busca aplicarlos a resolver problemas concretos. Las imágenes de la ciencia que resultan en ambos casos son bastante diferentes e incluso pueden parecer incompatibles, pero es fácil advertir que, en realidad, responden a dos aspectos de la actividad científica que no sólo son compatibles, sino que son importantes y deben ser tenidos en cuenta si se desea obtener una representación objetiva de la ciencia experimental.

b) *Métodos de las ciencias*

Los *métodos* utilizados por las ciencias son los medios que emplean para conseguir sus objetivos. Por tanto, *el método de las ciencias se caracteriza en función de sus objetivos*. Por ejemplo, en las ciencias naturales buscamos un conocimiento de la naturaleza que nos permita conseguir un dominio controlado de la misma; por tanto, debemos someter nuestras hipótesis a control experimental, pues sólo así podremos saber si se adecúan a los objetivos que buscamos: el método de la ciencia experimental se centra en torno a las pautas espacio-temporales repetibles y a los experimentos que permiten estudiarlas. En cambio, cuando estudiamos realidades que trascienden de algún modo las pautas espacio-temporales, como sucede en la metafísica, no podemos utilizar un método idéntico al recién mencionado; deberemos utilizar medios que nos permitan acceder a las propiedades generales del ser y a los modos de ser de la realidad: deberemos tener en cuenta, sin duda, la experiencia, pero no podremos recurrir a la experimentación tal como lo hacemos en las ciencias naturales.

Puede decirse que cada ciencia efectúa una especie de «corte» en la realidad: define una cierta perspectiva que constituye su ámbito propio. Como ha subrayado Evandro Agazzi, el objeto de las disciplinas científicas no son las «cosas» en su sentido ordinario. Una misma cosa se puede convertir en objeto de diferentes disciplinas, dependiendo del punto de vista que se adopte; por ejemplo, un reloj es objeto de la física si consideramos las leyes que explican su fun-

cionamiento, de la química si estudiamos los materiales que lo componen, de la historia si consideramos la evolución de los distintos tipos de relojes, de la economía si nos interesamos por su producción y venta. Incluso dentro de la ciencia experimental, que es el caso que Agazzi ha considerado con mayor detenimiento, existen diferentes perspectivas: el cerebro se convierte en objeto de la neurofisiología, de la química o de la electricidad, según cuál sea el punto de vista adoptado, y cada disciplina considera diferentes aspectos del cerebro. Cada disciplina se constituye adoptando una perspectiva propia, de modo que se centra en las propiedades correspondientes a esa «sección» concreta[1].

Aunque Agazzi ha desarrollado estas ideas refiriéndose directamente a las ciencias experimentales, donde las perspectivas vienen definidas, en muchos casos, en función de magnitudes básicas (como longitudes, masas y tiempo) y de procedimientos experimentales relacionados con la medición de esas magnitudes, es fácil advertir que pueden aplicarse sin dificultad a cualquier tipo de ciencias, también a las ciencias humanas, aunque en este caso existen factores que no pueden someterse a experimentación repetible y controlada, porque se relacionan con la libertad de la persona[2]. En cualquier ciencia, incluidas las disciplinas filosóficas, se define la perspectiva propia de esa ciencia, y esto no se hace necesariamente limitando un tipo de cosas u objetos. Sin duda, en algunos casos esa determinación es importante: por ejemplo, la biología estudia los seres vivos, la astrofísica los astros, etc. Pero lo realmente decisivo es el punto de vista que se adopta. Así, el objeto de la biología incluye todo lo que se relaciona con la vida desde el punto de vista de la ciencia experimental (por tanto, la biofísica, la bioquímica, la ecología), y no incluye, en cambio, el estudio filosófico de los vivientes tal como lo desarrolla la filosofía de la naturaleza, ni el estudio epistemológico de la biología misma, propio de la filosofía de la ciencia. Lo cual no significa que un biólogo no pueda estudiar los temas filosóficos relacionados con su disciplina; significa, simplemente, que si lo hace, está actuando como un filósofo, y no como un biólogo, y deberá respetar las exigencias propias de la perspectiva filosófica.

Al efectuar un «corte» particular en la realidad, cada ciencia construye su objeto. *La construcción del objeto científico no viene dada: es una obra humana*. Los vivientes existían mucho antes de que se desarrollara sistemáticamente su estudio científico. El progreso moderno de la biología se dio cuando comenzaron a construirse modelos ideales, sometiéndolos a tratamiento matemático y a experimentos repetibles; de hecho, cuando Gregor Mendel presentó a la Sociedad cien-

1. Cfr. E. AGAZZI, *Temas y problemas de filosofía de la física*, Herder, Barcelona 1978, cap. V (nn. 18 y 19) y cap. X; «Les critères sémantiques pour la constitution de l"objet scientifique», en: AA. VV., *La sémantique dans les sciences*, Office International de Librairie, Bruxelles 1978, pp. 13-29.

2. Se contempla el caso de las ciencias humanas en: E. AGAZZI, «Problèmes épistémologiques des sciences humaines», en: AA.VV., *Spécificité des sciences humaines en tant que sciences*, Office International de Librairie, Bruxelles 1979, pp. 39-66.

tífica de Brno sus estudios sobre los guisantes, los asistentes quedaron desconcertados por aquella extraña mezcla de matemáticas y experimentación a la que Mendel había sometido las propiedades que había seleccionado en los guisantes, y la enorme importancia de su trabajo, publicado por aquella Sociedad en 1865, no se reconoció hasta 1900. De modo análogo, la noción metafísica de «ser» sólo surgió cuando fue tematizada por Parménides, aunque un gran número de seres existieran desde mucho antes.

Para que una disciplina científica progrese es necesario, ante todo, que se consiga «construir» su objeto por vez primera. En las ciencias naturales, esto no sucedió, de modo sistemático, hasta el siglo XVII. Sin embargo, no basta con la construcción del objeto científico. Es necesario, además, *proponer teorías* acerca de ese objeto y *comprobar la validez de las teorías* (aquí y ahora empleamos el término «teoría» de un modo muy general, para designar cualquier construcción teórica). Por tanto, el método científico puede esquematizarse en dos pasos: en primer lugar, la *construcción del objeto de una disciplina y de teorías acerca de ese objeto*, y en segundo lugar, la *comprobación de la validez de las teorías*. Evidentemente, el tipo de construcciones que se acepten y el tipo de métodos que se empleen para comprobar su validez dependerá, en cada caso, del tipo de ciencia de que se trate, o sea, de los objetivos que nos hayamos propuesto en esa ciencia.

La comprobación de la validez de las teorías es crucial en el desarrollo de la ciencia, y muchos de los problemas que se plantea la filosofía de la ciencia pertenecen a ese tipo. Sin embargo, sólo si tenemos presente cómo se construyen las teorías, podremos enjuiciar correctamente cómo se puede determinar su validez. En efecto, la construcción de las teorías determina el contexto en el que esas teorías adquieren significado.

Desde luego, la validez de una idea no depende de cómo se ha originado. Por eso, muchos autores han insistido en distinguir el *contexto de descubrimiento*, que se refiere al origen de las ideas y a sus elementos psicológicos, sociológicos y subjetivos, y el *contexto de justificación*, que se refiere a las pruebas que sirven para comprobar la validez de las ideas. Se dice que ambos contextos son completamente diferentes, e incluso se afirma que el contexto de descubrimiento es completamente irrelevante para el contexto de justificación, que es el único que interesa a la filosofía de la ciencia[3]. Esta distinción responde a la realidad si lo que pretende decirse es que los procesos *psicológicos* que se encuentran en el origen de nuestras ideas no garantizan la validez de esas ideas desde el punto de vista de la *lógica*. Sin embargo, en otro sentido, es muy importante tener en cuenta cómo se llega a las ideas: sólo así podemos advertir cuáles son los problemas

3. John Herschel, científico y epistemólogo, distinguió estos dos contextos en su obra *Discurso preliminar sobre el estudio de la filosofía natural*, de 1830, aunque admitía que tanto la inducción como la formulación de hipótesis son caminos para obtener leyes y teorías: cfr. J. LOSEE, *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Alianza, Madrid 1976, pp. 123-128.

que se intenta resolver y cuáles son las características de las soluciones propuestas, lo cual es crucial para examinar la validez de las construcciones científicas.

Cuando aquí hablamos de la *construcción* como uno de los dos aspectos básicos del método científico, nos referimos, precisamente, al contexto en el que se plantean las teorías: qué problemas se intenta resolver, qué tipo de teorías se escogen para resolverlos y por qué. En este sentido, sólo si tenemos presente la construcción de los objetos y teorías de la ciencia podremos abordar con éxito la *comprobación de su validez*.

c) *Las construcciones científicas*

Los *resultados* de la aplicación del método científico en una determinada disciplina son las *construcciones científicas*, que ordinariamente son un conjunto de proposiciones, modelos y teorías. Por ejemplo, la ley de Ohm y la teoría de la relatividad de Einstein son construcciones de la física.

En muchas ocasiones, cuando hablamos de la ciencia, o de una ciencia concreta como la física o la química, nos referimos, aun sin darnos cuenta, al conjunto de las construcciones que pertenecen a esa ciencia. Y nos preguntamos si esas construcciones son verdaderas o no lo son. Por ejemplo: ¿es verdadera la ley de Ohm?, ¿es verdadera la teoría de la relatividad? Para responder a esas preguntas es preciso tener en cuenta cuáles son los objetivos de la ciencia a la que pertenecen, y qué métodos se han empleado para formularlas y para comprobar su validez. Así, la ley de Ohm, que relaciona la intensidad, la resistencia y el voltaje, establece una relación entre esas magnitudes tal como se definen en la disciplina física que estudia la electricidad; podemos decir que es verdadera en circunstancias ordinarias (temperaturas moderadas, etc.), porque si medimos esas magnitudes en un circuito eléctrico, de acuerdo con las reglas aceptadas, la relación expresada por esa ley se cumple con buena aproximación. No tendría sentido, en cambio, preguntarnos por la verdad de la ley de Ohm fuera del contexto de la electricidad tal como la estudia la física. El caso de la teoría de la relatividad es mucho más complejo, porque se trata de todo un sistema teórico (en realidad, dos sistemas, la relatividad especial y la general) que incluye muchos elementos cuya validez no está comprobada por igual.

Existen algunos equívocos frecuentes, que se deben a no tener en cuenta que las construcciones científicas han de interpretarse en el contexto de los objetivos y los métodos que les confieren significado. Mencionaremos dos de ellos que se refieren a la teoría de la relatividad. El primero consiste en afirmar que la teoría de la relatividad ha demostrado que, en el fondo, todo es energía concentrada, porque ha demostrado la equivalencia de materia y energía. En realidad, lo que esa teoría dice es que existe una relación entre las magnitudes «masa» (que no equivale al concepto de «materia») y «energía» (que tampoco equivale al concepto intuitivo correspondiente), interpretando esas magnitudes tal como son de-

finidas en la física matemática. El segundo consiste en afirmar que la teoría de la relatividad ha probado que todo es relativo y depende del punto de vista que se adopte. Tampoco esto es así. La relatividad de que se habla en esa teoría se refiere a sistemas de coordenadas, y la teoría permite, precisamente, pasar de un sistema a otro manteniendo la validez de las leyes de la física e incluso algunas cantidades concretas.

Si interpretamos las construcciones científicas dentro del contexto de los objetivos y métodos en las que surgen, se evitarán también otros equívocos que surgen al extrapolar unos objetivos o métodos de una ciencia a otra, o de la ciencia en su conjunto a otros ámbitos. Esto sucede, especialmente, en las distintas versiones del *cientificismo*, que sólo reconoce como válidos los conocimientos proporcionados por alguna ciencia o por un tipo de ciencias. Por ejemplo, los neopositivistas del Círculo de Viena desechaban como carentes de sentido las construcciones de cualquier ciencia que no utilizara los métodos de la ciencia experimental, dándose además la paradoja de que, para sostener esa disparatada tesis, se veían obligados a formular una imagen de la ciencia experimental que no correspondía a la realidad. Este tipo de inconvenientes se evitan fácilmente si se reconoce que el conocimiento científico debe valorarse teniendo en cuenta los distintos contextos en que se plantea, o sea, los diferentes objetivos y métodos que utilizan las diferentes ciencias; así se reconocerá, por ejemplo, que la ciencia experimental adopta perspectivas particulares que no permiten decir nada, ni a favor ni en contra, de lo que cae fuera de ellas.

Fácilmente surge otra imagen deformada de la ciencia si identificamos una ciencia con el conjunto de las construcciones que contiene (proposiciones, teorías, modelos), y prestamos poca atención a la actividad científica de transmisión. Entonces la ciencia puede juzgarse como si fuera un conjunto de verdades definitivamente adquiridas y demostradas, sin advertir que los conocimientos científicos suelen estar abiertos a posterior investigación, tienen una validez parcial y se encuentran rodeados por problemas no resueltos. Los textos científicos, sobre todo en el ámbito de las ciencias naturales, con frecuencia exponen las teorías sin referirse a su contexto real (qué problemas se pretende resolver, cómo se resuelven, cómo se aplican las teorías); el estudiante se considera obligado a aprender a manejarse dentro de los paradigmas admitidos, y las teorías aparecen ante el profano como adquisiciones que, desde el momento en que son admitidas en la ciencia, deben considerarse como demostradas. A veces las confusiones son todavía mayores, porque se presenta la ciencia ante la opinión pública subrayando unilateralmente unos aspectos y omitiendo otros; por ejemplo, con el afán de mostrar que la teoría de la evolución se encuentra bien comprobada, con frecuencia se expone pasando por alto los muchos enigmas que contiene: esto supone un perjuicio para la ciencia misma, porque si se considera que un problema se encuentra resuelto, cuando en realidad no lo está, se están poniendo obstáculos para que llegue a resolverse.

d) *El modelo jerárquico y el modelo reticulado*

Hemos presentado una imagen de la ciencia que se compone de *tres dimensiones*: la *actividad científica* dirigida hacia unos *objetivos* determinados, los *métodos* que permiten alcanzar esos objetivos, y las *construcciones científicas*, que son los resultados que se obtienen al aplicar tales métodos. Las tres dimensiones se encuentran unidas, ya que son dimensiones de una misma realidad: los objetivos determinan los métodos, y los métodos determinan los contenidos, en el sentido de que, para conseguir unos objetivos concretos, no podemos utilizar cualquier método, sino sólo unos métodos específicos, cuya aplicación, por otra parte, conduce a unos resultados igualmente específicos.

Larry Laudan, uno de los autores más influyentes en la epistemología contemporánea, ha criticado esta imagen de la ciencia. Ha dedicado un libro entero, titulado *Ciencia y valores*, a articular una propuesta que intenta superar las dificultades contenidas en las ideas de Thomas Kuhn y otros autores. Esta propuesta puede ayudar a ilustrar con mayor detalle la importancia que tiene la imagen de la ciencia que hemos presentado y las consecuencias de su negación.

Laudan propone sustituir lo que él denomina el «modelo jerárquico» clásico de la toma de decisiones científicas por un «modelo reticulado» de justificación. Laudan también utiliza una perspectiva de tres niveles distinguiendo en la ciencia los objetivos, los métodos y las teorías, y dice que, según el «modelo jerárquico», los objetivos determinan los métodos, y los métodos determinan los resultados o pretensiones fácticas. En cambio, el «modelo reticulado» que propone es el resultado de consideraciones tales como las siguientes: «... debemos cambiar el modelo jerárquico insistiendo en que nuestras creencias fácticas conforman de modo drástico nuestras ideas acerca de qué tipos de métodos son viables, y acerca de qué tipos de métodos favorecen, de hecho, qué tipos de objetivos [...] La perspectiva reticulacional muestra que podemos utilizar nuestro conocimiento de los métodos de investigación disponibles como un instrumento para valorar la viabilidad de los objetivos cognitivos que se proponen [...] Igualmente el modelo reticulado insiste en que nuestros juicios acerca de qué teorías son sólidas pueden ser confrontados con nuestras axiologías explícitas para revelar tensiones entre nuestras estructuras implícitas y explícitas de valores»[4].

Aparentemente, los objetivos de la ciencia determinan los métodos, ya que un método no es otra cosa sino el medio utilizado para alcanzar un objetivo. Además, las teorías son el resultado de aplicar los métodos específicos. Por el contrario, Laudan propone una «red triádica de justificación» en la cual cada uno de los tres componentes (objetivos, métodos y teorías) actúa sobre los otros dos, de tal modo que existen interacciones mutuas en todas las direcciones. Así, Laudan es-

4. L. LAUDAN, *Science and Values. The Aims of Science and their Role in Scientific Debate*, University of California Press, Berkeley 1984, p. 62.

cribe: «La imagen reticulacional difiere fundamentalmente de la jerárquica, sobre todo, debido a su insistencia en que existe un proceso complejo de ajuste mutuo y mutua justificación que circula entre los tres niveles que componen la ciencia. La justificación fluye hacia arriba tanto como hacia abajo en la jerarquía, vinculando los objetivos, los métodos y las pretensiones fácticas. Ya no deberíamos considerar ninguno de estos niveles como privilegiado o primario o más fundamental que los otros. La axiología, la metodología y las pretensiones fácticas se encuentran inevitablemente entrelazadas en relaciones de dependencia mutua. La jerarquía implícita en la perspectiva jerárquica debe dejar su lugar a una especie de principio nivelador que subraya las pautas de dependencia mutua entre esos diferentes niveles» [5].

Ciertamente, Laudan tiene razón al señalar que existen interacciones mutuas entre los tres niveles. Sin embargo, su posición difícilmente puede conciliarse con el hecho patente de que también existen unos objetivos comunes a algunas empresas científicas (como la ciencia experimental), y que esos objetivos determinan un método general que también es común en esas empresas. Laudan escribe: «No existe un único objetivo "correcto" para la investigación, porque es evidentemente legítimo embarcarse en la investigación debido a una amplia diversidad de motivos y con una amplia variedad de finalidades. Los que imaginan que existe una axiología única que puede o debería guiar la investigación de la naturaleza no han conseguido compaginar esta idea con la palpable diversidad de los potenciales fines y usos de la investigación» [6].

Este razonamiento de Laudan comienza con lo obvio e inmediatamente va demasiado lejos. En efecto, nadie negará que existen finalidades particulares en los diferentes dominios de la investigación científica. Sin embargo, para que una investigación sea admitida dentro del ámbito de la ciencia experimental, debe satisfacer las exigencias implicadas por los objetivos generales de la empresa científica: en concreto, proporcionar un conocimiento del mundo natural que pueda someterse a control experimental y que, por tanto, pueda ser utilizado para conseguir un dominio controlado sobre la naturaleza. En la ciencia experimental, la pluralidad de finalidades particulares, y aún más la pluralidad de motivaciones subjetivas, debe combinarse con la coincidencia en los objetivos básicos comunes; en caso contrario, ya no nos encontraremos dentro del ámbito de la ciencia experimental.

Laudan parece olvidar los obvios objetivos comunes de la ciencia experimental cuando dice que «los valores cognitivos centrales se desplazan», y que la única exigencia legítima de una teoría de la racionalidad científica sería «que nuestros objetivos cognitivos deben reflejar nuestras mejores creencias acerca de lo que es y lo que no es posible, que nuestros métodos deben encontrarse en una

5. Ibíd., pp. 62-63.
6. Ibíd., pp. 63-64.

relación apropiada hacia nuestros objetivos, y que nuestros valores implícitos y explícitos deben encontrarse sincronizados»[7].

Si admitimos esto, entonces deberíamos concluir, con Laudan, que el progreso en la ciencia es siempre relativo a objetivos cambiantes, «a nuestra propia idea acerca de los fines y objetivos de la ciencia», «a algún conjunto de fines»[8]. La conclusión de Laudan es clara: «Simplemente no podemos escapar del hecho de que las determinaciones del progreso deben ser relativizadas con respecto a un cierto conjunto de fines, y que no existe un único conjunto adecuado de tales fines»[9].

Esto significa, sin embargo, que nuestro ideal de la ciencia experimental debe cambiar. Podemos preguntarnos si realmente esto tiene sentido. Seguramente, el ideal de ciencia experimental de Newton no coincidía con el ideal de Descartes. Quizás ésta es la clase de desplazamiento que Laudan tiene en su mente cuando dice que los fines de la ciencia cambian. De hecho, cuando ejemplifica sus ideas, Laudan compara la teoría de la luz de Newton y la óptica de Descartes. Si adoptamos una perspectiva histórica amplia donde la idea de ciencia experimental se aplica tanto a la física contemporánea como a la aristotélica y a la cartesiana, podemos encontrar tantos cambios de fines, métodos y valores como deseemos. En cambio, si nos referimos a la ciencia experimental en el sentido usual contemporáneo, sus objetivos y métodos generales ya no son cambiantes; al menos, no cambian en sus rasgos esenciales.

Las consecuencias de admitir el modelo jerárquico o el modelo reticulado de la ciencia son importantes. Si admitimos el modelo reticulado, como hace Laudan, encontraremos serias dificultades para atribuir a la ciencia unos objetivos estables y, por tanto, no será fácil hablar de progreso, o de verdad, o distinguir unas ciencias con respecto a otras, o distinguir las ciencias de otras actividades humanas. El modelo reticulado subraya que las relaciones entre objetivos, métodos y construcciones no existen sólo en la línea descendente, sino también en otras direcciones. Esto es importante cuando se abordan estudios históricos, que Laudan ha cultivado. Pero si intentamos caracterizar la ciencia tal como existe en la época moderna, sin duda existe una notable estabilidad en la relación jerárquica entre objetivos, métodos y construcciones, y ese esquema jerárquico tiene gran importancia para conseguir una representación objetiva de la ciencia tal como existe en la realidad.

e) *Objetivos y objetos*

Hemos caracterizado a las ciencias en función de sus *objetivos*, lo cual implica considerarlas, ante todo, como una actividad humana dirigida hacia esos ob-

7. Ibíd., p. 64.
8. Ibíd., pp. 65-66.
9. Ibíd., p. 66.

jetivos, considerando todo lo demás (métodos, construcciones) en función de los objetivos. Es interesante aludir a la perspectiva clásica escolástica, según la cual las ciencias se caracterizan según sus *objetos*, distinguiendo tres tipos de ellos a los que se denomina *objeto material*, *objeto formal quod*, y *objeto formal quo*.

El *objeto material* es el tipo de seres que son estudiados por una ciencia: por ejemplo, los vivientes en el caso de la biología, o los cuerpos celestes en el caso de la astronomía. El *objeto formal quod* es el punto de vista bajo el cual se estudia, en una determinada ciencia, su objeto material; en efecto, es posible estudiar un mismo objeto material bajo diferentes perspectivas, que darán lugar a ciencias diferentes: los vivientes son estudiados por la biología desde el punto de vista de la ciencia experimental, y por la filosofía de la naturaleza desde el punto de vista filosófico. El *objeto formal quo* es la perspectiva en la que nos situamos en cada ciencia, y de algún modo viene a ser el tipo de recursos que se utilizan: por ejemplo, la filosofía se despliega a la luz de la razón natural, mientras que la teología, además de utilizar la razón, se basa en el contenido de la revelación sobrenatural.

Esta caracterización es válida. Se centra en los *objetos* o realidades que estudian las ciencias, y secundariamente se refiere a los métodos y puntos de vista adoptados. La caracterización que se ha propuesto aquí se centra en los *objetivos* que nos proponemos en cada tipo de actividad científica y, por tanto, en los *métodos* que debemos adoptar. Las dos caracterizaciones en solapan en parte y también se complementan.

9.3. *Ciencia, filosofía y sabiduría*

Ciencia y filosofía tienen la misma raíz, el afán de un saber que se extienda más allá de lo que aparece ante la experiencia ordinaria. Desde el punto de vista histórico, también van juntas: en la Antigüedad se desarrollaron al mismo tiempo, muy mezcladas entre sí, y algo semejante sucedió hasta que, en la Edad Moderna, las diferentes ciencias fueron adquiriendo una autonomía cada vez mayor. Ese proceso de diferenciación, acompañado por la enorme especialización que hoy día existe en todos los sectores del saber, ha provocado que, en la actualidad, ciencia y filosofía aparezcan como dos realidades completamente diferentes. Por lo general, el nombre de «ciencia» suele utilizarse para designar las ciencias naturales y, en todo caso, las ciencias humanas que pretenden adoptar un método semejante a ellas, tales como la economía, la sociología, las ciencias de la educación, las de la comunicación, etc.

En realidad, las características generales de las ciencias, tal como las hemos descrito, pueden darse en todos los ámbitos del conocimiento. No hay dificultad en hablar de «ciencia» cuando nos referimos a las disciplinas filosóficas, ya que cada una de ellas debe desarrollarse siguiendo criterios estrictamente científicos. Tampoco hay dificultad en calificar como ciencia a la teología, siguiendo los mis-

mos criterios. Así, en un estudio contemporáneo donde se plantea este tema, se concluye que la teología es ciencia dando los argumentos siguientes: «La teología manifiesta su condición científica: a) porque identifica y tiene en cuenta claramente los principios (revelados) de los que parte en su reflexión; b) porque circunscribe con precisión su campo de estudio [...]; c) porque procura atenerse a una metodología rigurosa [...]; d) porque se esfuerza en mostrar la homogeneidad y corrección en el modo de derivar los datos obtenidos a partir de los principios [...]; e) porque los conocimientos que obtiene son comunicables de manera ordenada y sistemática»[10]. Es fácil advertir que se utiliza aquí la idea de ciencia como estudio sistemático y riguroso, consciente de sus métodos y de sus posibilidades, que puede aplicarse a cualquier ámbito del conocimiento humano. La teología toma como punto de partida los contenidos de la revelación, y merece el nombre de ciencia en la medida en que estudia esos contenidos, los delimita, los relaciona y profundiza en ellos, y desarrolla estas tareas de modo sistemático y riguroso.

Más aún: si tenemos en cuenta el objeto al que se refieren, la teología en el plano sobrenatural, y la filosofía en el natural, son las más altas entre las ciencias, ya que versan sobre las cuestiones más profundas de la existencia humana. En este sentido, ambas poseen un carácter sapiencial. En efecto, según una de sus acepciones clásicas, es propio de la *sabiduría* ordenar los demás conocimientos, lo cual se realiza en la filosofía y en la teología de modo paradigmático.

Por tanto, la filosofía (y en el plano sobrenatural, la teología) puede ser considerada como ciencia y, al mismo tiempo, como sabiduría. Consideraremos esta cuestión con mayor detalle al examinar, a continuación, la diversidad de las ciencias.

10. La diversidad de las ciencias

Podemos estudiar científicamente cualquier aspecto de la realidad. Por tanto, el número de ciencias es potencialmente enorme. De hecho, en la época moderna han ido surgiendo nuevas ciencias, y este proceso continúa.

Por otra parte, hasta qué punto un tipo de estudios sea considerado como una ciencia, o como una rama particular o una disciplina dentro de una ciencia, es materia un tanto convencional. En este sentido, la clasificación de las ciencias puede convertirse en una tarea enciclopédica que, por otra parte, no tiene excesivo interés desde el punto de vista filosófico. Lo que aquí interesa considerar es, más bien, los tipos más generales de ciencias, de modo que puedan apreciarse sus características distintivas, sus relaciones mutuas y su significado dentro del conjunto del saber.

10. J. Morales, *Introducción a la teología*, EUNSA, Pamplona 1998, p. 228.

10.1. *Ciencias sapienciales y particulares*

Si lo propio de la sabiduría es ordenar, o sea, establecer una jerarquía entre los diferentes tipos de conocimiento, pueden considerarse como «sapienciales» aquellas ciencias que, por su propia naturaleza, permiten delimitar el carácter de las demás ciencias, integrándolas de algún modo en una síntesis unitaria donde cada una ocupe su lugar y contribuya ordenadamente al conjunto del saber. Las ciencias que no tienen esa función sapiencial pueden denominarse ciencias «particulares».

Tienen carácter sapiencial la teología en el plano sobrenatural y la filosofía en el natural. En efecto, la teología estudia a Dios, y toda la realidad y cada una de sus partes a la luz de lo que sabemos de Dios; se ocupa, por tanto, del sentido último de la vida humana y de toda la creación: por eso es la ciencia sapiencial por excelencia. Evidentemente, no todas las partes de la teología participan de la función sapiencial en el mismo grado: por ejemplo, la exégesis bíblica y la patrística estudian científicamente las fuentes de la revelación (Sagrada Escritura y Tradición), y han de utilizar, en gran medida, los mismos métodos que utilizan las ciencias humanas que estudian documentos de tipo análogo, aunque deban tener en cuenta, como dato fundamental, el carácter sagrado de los textos que estudian y su sentido tal como es interpretado por el Magisterio de la Iglesia. La teología dogmática y la teología moral constituyen el eje de la teología, y en ellas se realiza de modo principal el carácter sapiencial de la teología.

Algo semejante cabe decir de la filosofía en el plano natural. En este ámbito, el papel sapiencial por excelencia corresponde a la metafísica en el plano teórico y a la ética en el práctico.

La metafísica estudia el ser en toda su generalidad, dirigiendo su mirada hacia los modos generales de ser y a sus causas últimas. Por este motivo, proporciona los principios más generales que sirven de fundamento a todas las ciencias. Quien cultive cualquier ciencia particular e incluso otras disciplinas filosóficas fácilmente puede advertir que, de modo consciente o inconsciente, está utilizando continuamente ideas y principios metafísicos: ideas acerca de la causalidad y de los tipos de causas, el principio de no contradicción, ideas acerca de la verdad y sus tipos, etc. Además, al estudiar el ser en cuanto tal y sus causas últimas, la metafísica incluye como parte suya la teología natural, que estudia científicamente lo que podemos saber de Dios a la luz de la razón natural y, al conducirnos al conocimiento de la naturaleza, de los atributos y de la acción de Dios, proporciona la referencia última que da sentido a toda la vida humana y tiene, por tanto, un carácter claramente sapiencial.

Otras ramas de la filosofía tienen un carácter sapiencial no absoluto sino relativo, respecto a ámbitos concretos del saber. Así, la filosofía de la naturaleza ejerce una función sapiencial con respecto a las ciencias naturales. Esto no significa que la filosofía natural proporcione a las ciencias naturales unos principios

que éstas deban aceptar como venidos desde fuera. Quizás sea útil pensar en una orquesta y en su director. No es necesario que el director forme parte de la orquesta como un instrumentista más. En teoría, la orquesta podría funcionar sin director, pero esto exigiría que los instrumentistas realizaran, a la vez que interpretan, parte de las funciones del director. En nuestro caso, las ciencias utilizan unos supuestos básicos cuyo estudio temático es una tarea propiamente filosófica (la existencia de un orden natural y de la capacidad humana para conocerlo mediante argumentación científica, por ejemplo), y además, cada disciplina e incluso cada teoría de la ciencia utiliza supuestos particulares, que consisten en ideas generales acerca de su objeto de estudio. La filosofía de la naturaleza estudia esos supuestos, tanto generales como particulares, y examina el significado de los logros que se van consiguiendo en las respectivas disciplinas científicas; de este modo permite integrar los resultados de las ciencias en una síntesis unitaria que, a su vez, puede ser integrada en las ideas generales que se refieren al sentido de la vida humana.

Sin duda, la ética ocupa un lugar principal entre las ciencias sapienciales. En definitiva, todas las preguntas que nos hacemos adquieren sentido a la luz de los interrogantes éticos que tratan sobre el sentido de nuestra vida y de nuestras acciones.

Las ciencias particulares son muy numerosas, y su mismo progreso hace posible que nazcan otras nuevas, cada vez más especializadas. En la antigüedad, ciencia y filosofía formaban un cuerpo común, pero el proceso que condujo a la maduración de la ciencia moderna a partir del siglo XVII ha tenido como consecuencia la aparición de un elenco cada vez más numeroso de ciencias y disciplinas particulares que se extienden a todos los ámbitos de la naturaleza y de la vida humana. Vamos a considerarlas dividiéndolas en ciencias experimentales y ciencias humanas.

10.2. *Ciencias experimentales y humanas*

Aunque la ciencia moderna tiene antecedentes que se remontan hasta la Antigüedad, la revolución científica del siglo XVII significó un punto de inflexión decisivo en el desarrollo de las ciencias. La consolidación de la ciencia experimental moderna ha exigido reformular la idea de ciencia; de hecho, su enorme éxito, tanto teórico como práctico, ha tenido como consecuencia que la noción de «ciencia» se aplique, en la actualidad, de modo preferente y a veces casi exclusivo a ese tipo de ciencia, y que todas las demás ciencias intenten, para establecer su validez, mostrar que, de algún modo, utilizan métodos semejantes a los empleados por la ciencia experimental.

Ya hemos examinado, en el capítulo II, el desarrollo histórico tanto de las ciencias experimentales como de las humanas. Nos referiremos ahora a sus características y divisiones más generales.

La ciencia experimental se centra en el estudio de la naturaleza, buscando conocimientos que puedan ser controlados mediante experimentos. Una característica fundamental que se exige a los experimentos científicos es que sean repetibles, de tal modo que posean una validez intersubjetiva (independiente de la idiosincrasia de quienes los realizan) y permitan conocer aspectos de la naturaleza que, al menos en principio, pueden repetirse del mismo modo. Puede decirse, por tanto, que la ciencia experimental se centra en torno a pautas espacio-temporales repetibles: sólo el estudio de este tipo de pautas se ajusta a las exigencias recién mencionadas. Existen pautas espirituales, pero, por principio, no pueden ser sometidas a control experimental mediante instrumentos (aunque pueden ser experimentadas y valoradas por los sujetos: basta pensar, por ejemplo, en las capacidades intelectuales que ponemos en ejercicio al trabajar en la ciencia experimental). Además, una estructura espacio-temporal que, por principio, fuese completamente irrepetible, no podría servir como base de experimentos repetibles ni de leyes generales; incluso se puede decir que es imposible que exista ese tipo de estructura: aunque, de hecho, haya estructuras espacio-temporales que no se repitan, nada impide que, en principio, cualquiera de ellas *pueda* repetirse en principio, incluso un número indefinido de veces.

Las ciencias experimentales que se han desarrollado en primer lugar son la astronomía y la mecánica. Existían fragmentariamente en la antigüedad y se establecieron definitivamente en el siglo XVII. Las dos obras principales de Galileo se relacionan con ellas: *Diálogos en torno a los dos grandes sistemas del mundo, el Tolemaico y el Copernicano* (1632) se centra en torno a la astronomía, y *Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos ciencias nuevas* (1638), que gira en torno a la mecánica. También se estudió desde la Edad Antigua la composición de los cuerpos, y de estos estudios surgió, en la época de la revolución científica, el inicio de la química moderna. El gran desarrollo de la física durante varios siglos ha hecho posible un desarrollo también muy notable de la química, y el progreso en estas dos ciencias ha conducido en épocas más recientes a un enorme adelanto en la biología, al que estamos asistiendo en la actualidad. Estas ciencias se subdividen en múltiples disciplinas: por ejemplo, en el caso de la física, se distinguen la mecánica, el electromagnetismo, la astrofísica, la física atómica y nuclear, etc. Y existen otras ramas de la ciencia que pueden considerarse de algún modo como partes de las grandes ciencias, o como puentes entre ellas, o como teniendo una consistencia propia: por ejemplo, la biofísica y la bioquímica. Obviamente, se pueden realizar diferentes clasificaciones detalladas si se utilizan diferentes criterios, y no existe un criterio único válido. Pero estas subdivisiones no tienen un interés excesivo en nuestro contexto.

El estudio científico del ser humano, tanto en sus aspectos individuales como sociales, se remonta a la antigüedad. El ser humano pertenece a la naturaleza y, al mismo tiempo, la trasciende, debido a sus dimensiones espirituales. El estudio de las características específicamente humanas, tal como se ha realizado, por ejemplo, en la psicología filosófica y en la filosofía social, ha conducido a

grandes logros mucho antes de la revolución científica del siglo XVII. El impacto característico de esa revolución consiste en haber impulsado el interés por lograr, también en el ámbito de lo humano, unas ciencias que utilicen el método experimental y consigan una capacidad predictiva análoga a la de las ciencias naturales, en vistas a su aplicación para resolver problemas humanos concretos. Este programa es posible, y de hecho conduce cada vez a mayores logros, en la medida en que somos seres naturales: por ejemplo, la psicología se ha enriquecido con muchos avances experimentales.

Por tanto, dentro de las *ciencias humanas* podemos distinguir dos grandes grupos: por una parte, las *humanidades*, que incluyen la filosofía, la filología, las ciencias de la educación, la historia, etc., y por otra parte, las ciencias que estudian características específicamente humanas utilizando, en la medida en que ello es posible, el método de la ciencia experimental, como sucede en el caso de la psicología empírica, la sociología, etc. La demarcación entre unas y otras no siempre es tajante.

En nuestra época, no es infrecuente que, en lugar de hablar de *ciencias humanas*, se hable de *ciencias sociales*. Esto se explica por el papel esencial de las dimensiones sociales en la vida humana. Cuando se utiliza este modo de hablar, es fácil que se excluyan de las ciencias sociales las disciplinas filosóficas, estableciendo una clasificación tripartita: la ciencia experimental, las ciencias sociales y las humanidades (que en este caso incluirían la filosofía, el arte y la religión). En esta división tripartita, frecuentemente se pone entre paréntesis el carácter científico de las disciplinas filosóficas.

10.3. *Ciencias empíricas y formales*

Otra clasificación importante de las ciencias subraya la distinción entre ciencias *empíricas*, que se ocupan de hechos reales, y ciencias *formales*, que estudian entidades mentales. Las ciencias formales por excelencia son la lógica y las matemáticas. Aunque guardan una relación con la realidad, se centran en el estudio de entidades que sólo existen, propiamente, en nuestra inteligencia.

La lógica se ocupa de relaciones de razón: por ejemplo, de los argumentos que se utilizan para llegar a unas conclusiones a partir de unas determinadas premisas. Esos argumentos tienen una cierta consistencia objetiva y se aplican tanto en la vida ordinaria como en las ciencias, pero no tienen una existencia independiente.

Por su parte, las matemáticas se ocupan de construcciones que se relacionan con las dimensiones cuantitativas. En algunos casos, esas construcciones se originan en la experiencia, pero muchas otras, desde ese punto de partida, se sitúan en un nivel abstracto que tiene su propia dinámica.

En ocasiones se ha sostenido que, en último término, la matemática no es sino un aspecto de la lógica (*logicismo*), aunque esta postura parece demasiado extrema.

Las ciencias formales poseen una autonomía propia, pero encuentran múltiples aplicaciones en las ciencias empíricas. Una de las claves principales del progreso de la ciencia experimental moderna es, precisamente, el empleo sistemático de las matemáticas en el estudio de la naturaleza. La formulación de nuevas teorías suele ir de la mano con la formulación de conceptos matemáticos que son necesarios para desarrollarlas, o con el empleo de teorías matemáticas que ya existían y a las que, hasta el momento, no se les había descubierto su importancia para el estudio de la naturaleza.

11. Unidad y autonomía de las ciencias

La diversidad de las ciencias plantea el problema de su unidad, que tiene dos vertientes. Por una parte, la realidad es una, y parece, en consecuencia, que las diferentes ciencias deberían relacionarse en una síntesis única. Por otra parte, el progreso de las diferentes disciplinas ha conducido a una enorme fragmentación del saber, que impide relacionar a las ciencias entre sí. Examinaremos a continuación en qué sentido es deseable y posible conseguir una síntesis de las diferentes ciencias.

11.1. *La especificidad de los métodos científicos particulares*

Cada ciencia adopta una perspectiva propia. Incluso dentro de cada ciencia, las diferentes ramas y teorías adoptan perspectivas particulares. Como resultado del enorme progreso de las ciencias en la época moderna, asistimos a una fragmentación del saber en múltiples disciplinas. Se comprende, por tanto, que uno de los grandes temas que ha planteado el progreso científico es el de la posible reducción de unas ciencias a otras, entendiendo por *reducción*, en este contexto, la «traducción» de una ciencia a otra de diferente nivel: por ejemplo, la biología se reduciría a la química y a la física si, en último término, los conocimientos que proporciona la biología se pudieran expresar completamente mediante los conceptos de la física y la química.

El *reduccionismo* parece encontrar algún apoyo en la unidad de la naturaleza. En su forma extrema suele presentarse como *fisicalismo*, afirmando que, en definitiva, todas las ciencias se reducen o deberían poder reducirse a la física. El fisicalismo suele tener un cariz materialista.

Frente al reduccionismo, el *emergentismo* afirma que existen niveles diferentes en las ciencias, de tal modo que no pueden reducirse unos niveles a otros.

Podemos hablar de emergencia y reducción en dos niveles: en el nivel *ontológico*, cuando consideramos la emergencia real de sistemas naturales (por ejemplo, cuando investigamos si un átomo es algo más que una mera agregación de partículas subatómicas), y en el nivel *epistemológico*, cuando consideramos la posibilidad de deducir las teorías de un nivel científico más específico a partir de otras de un nivel más general (por ejemplo, si intentamos reducir la química a la física, o la biología a física más química).

En el pasado, la perspectiva reduccionista ha jugado un papel importante en manos del positivismo y del materialismo, ya que era considerada como el método que mostraría que las entidades o teorías de niveles superiores no serían «nada más que» la suma de entidades o teorías de niveles inferiores y que, en último término, todo podría reducirse a sus componentes materiales. Así, en los años de la década de 1930 el reduccionismo ocupó un lugar principal en el programa neopositivista, que intentaba unificar la ciencia por medio de la reducción de sus diferentes ramas a un lenguaje fisicalista. Aunque ese ideal fue abandonado pronto en su versión primitiva, se continuó hablando del reduccionismo como la deducción lógica de leyes o teorías de la ciencia «reducida» o «secundaria» a partir de las de la ciencia «reductora» o «primaria» (la biología sería una ciencia secundaria que se obtendría a partir de física más química, como ciencias primarias, por ejemplo). En esa línea se distinguieron dos tipos de reducción: la denominada «homogénea» o «no problemática», cuando todos los términos de la ciencia secundaria ya estaban presentes en la primaria, y la denominada «discontinua» o «problemática», cuando al menos un nuevo término sólo existía en la ciencia secundaria. En este segundo caso se proponían modos específicos para relacionar ambas ciencias [11].

Más tarde se introdujeron en las discusiones algunos argumentos que apuntaban hacia un creciente escepticismo acerca de las posibilidades de reducciones deductivas, en los dos tipos de reducción recién mencionados. La conclusión fue que sería conveniente sustituir el término mismo de «reducción» por el de «cuasi-reducción» o explicación parcial, para subrayar las dificultades de una reducción completa. Ahora existe un acuerdo generalizado sobre el valor limitado de los análisis clásicos del problema del reduccionismo. Por una parte, este análisis depende demasiado del modelo deductivo de la explicación científica, que ha sido mejorado al subrayar el papel central de los aspectos conceptuales de la ciencia. Además, el análisis clásico no corresponde adecuadamente a la práctica científica real. La aceptación general de estos puntos de vista pudo comprobarse en la decimotercera Conferencia Internacional sobre la Unidad de la Ciencia, cuyo tema central fue el problema de la reducción y la emergencia en las principales disciplinas científicas. Allí se subrayó que, si se toma en cuenta la práctica científica real, «reducción» significa establecer conexiones parciales entre diferentes niveles

11. Cfr. E. NAGEL, *La estructura de la ciencia*, Paidós, Buenos Aires 1968, pp. 310-362.

epistemológicos, y se señaló al mismo tiempo que esas conexiones pueden adoptar modalidades muy diferentes [12].

En definitiva, puede decirse que el «reduccionismo derivacional», que intenta derivar teorías de un nivel a partir de teorías de otro nivel, corresponde a un ideal filosófico que no se adecúa al progreso científico real ni es factible en la práctica. Las construcciones teóricas se formulan a fin de resolver problemas particulares en áreas científicas específicas, y se construyen de acuerdo con los recursos conceptuales e instrumentales disponibles en cada momento. Parece conveniente, por tanto, reemplazar el problema tradicional de la reducción entre teorías por el de establecer relaciones entre ámbitos o áreas de investigación, de modo que el análisis epistemológico se pueda centrar en la gran variedad de relaciones que conectan problemas y soluciones que pertenecen a diferentes niveles naturales y científicos [13].

La existencia de límites en las reducciones epistemológicas implica que también existen límites en las posibilidades de establecer el reduccionismo ontológico, porque una explicación completa de los niveles ontológicos superiores en términos de los niveles más básicos no se encuentra justificada desde el punto de vista científico. Sin embargo, la búsqueda de la unidad de la ciencia estimula la búsqueda de relaciones entre los diferentes niveles y, en este sentido, encuentra su justificación una especie de «reduccionismo metodológico» parcial. Algo semejante puede aplicarse a la unidad de la naturaleza, que puede ser considerada como uno de los fundamentos de la empresa científica: de hecho, los diferentes niveles de entidades y procesos naturales se encuentran interconectados, pero en cada nivel concreto encontramos rasgos específicos que no pueden ser reducidos propiamente a la mera suma de las propiedades que pertenecen a otros niveles. Además, y esto es especialmente importante, los seres humanos son seres naturales que, al mismo tiempo, trascienden el nivel natural.

Las dificultades de la reducción son tan grandes que las tendencias actuales que siguen la tradición del reduccionismo se presentan ordinariamente hoy día usando una terminología que evita la utilización del término «reducción», incluso negando ser reduccionistas. Usan, por ejemplo, los títulos «naturalismo no reductivo» o «fisicalismo no reductivo». En este contexto, las discusiones actuales que siguen de algún modo la línea de pensamiento reduccionista, principalmente en el ámbito de la antropología, emplean a veces conceptos nuevos tales como el de «superveniencia».

En resumen: hoy día se suele reconocer que, por lo general, es muy difícil, por no decir imposible, reducir unas ciencias a otras, e incluso unas disciplinas a

12. Cfr. G. RADNITZKY (ed.), *Centripetal Forces in the Sciences*, vol. 2, Paragon House, New York 1988.

13. Cfr. L. DARDEN y N. MAULL, «Interfield Theories», *Philosophy of Science*, 44 (1977), pp. 43-64.

otras dentro de una misma ciencia, debido al carácter específico de los diferentes niveles de la realidad y a las peculiaridades de las diferentes perspectivas que adoptamos para estudiarlos. Por este motivo, se prescinde del reduccionismo y, en cambio, se subraya la importancia del estudio de las relaciones entre diversas ciencias y disciplinas, con objeto de obtener una imagen unitaria de la realidad.

11.2. *El concepto analógico de ciencia*

Afirmar que las diferentes ciencias poseen caracteres específicos, que dan lugar a grandes bloques tales como las ciencias experimentales, las ciencias sociales, la filosofía e incluso la teología, equivale a reconocer que *el concepto de ciencia se aplica de modo analógico*, o sea, de modo en parte idéntico y en parte diverso, a las diversas ciencias.

Existen suficientes factores comunes como para aplicar un mismo concepto general de ciencia a las disciplinas pertenecientes a los bloques que acabamos de mencionar. En los cuatro casos (ciencias experimentales, sociales, filosóficas y teológicas) se emprende un estudio sistemático, se buscan explicaciones generales y se emplean métodos rigurosos de prueba.

Al mismo tiempo, existen diferencias notables, que influyen en las características de las diferentes ciencias. Así, las ciencias experimentales poseen una peculiar intersubjetividad y fiabilidad, porque someten sus hipótesis a un control experimental repetible e intersubjetivo; de ahí el peculiar prestigio de que suelen estar dotadas. Sin embargo, esa fiabilidad sólo puede conseguirse, tal como se hace en esas ciencias, si el estudio se centra en torno a pautas espacio-temporales; de ahí que la gran fiabilidad de esas ciencias vaya acompañada por una auto-limitación muy severa: a esa voluntaria auto-limitación se debe que la ciencia experimental no pueda proporcionar argumentos decisivos cuando se estudian los problemas metafísicos o teológicos relacionados con las dimensiones más profundas de la vida humana. En cambio, la metafísica en el nivel natural y la teología en el sobrenatural no pueden dilucidar sus problemas usando los mismos medios que la ciencia experimental, pero ello se debe a que su perspectiva es más profunda y abarca cuestiones en las que se pone en juego la actitud del ser humano: puede decirse que, si nos atenemos a su objeto, son ciencias en sentido más profundo que las ciencias experimentales, ya que se refieren a las causas últimas de la realidad.

11.3. *El estudio interdisciplinar de las ciencias*

Desde múltiples instancias se subraya en la actualidad la importancia de la interdisciplinariedad como medio para superar la fragmentación del saber. Se ha advertido que nunca tanta gente ha sabido tanto acerca de tan poco, para subrayar

que la especialización creciente atomiza el saber en su conjunto, de tal modo que ni siquiera resulta fácil la comunicación entre científicos que trabajan en campos vecinos. Además, la búsqueda del sentido exige disponer de una base coherente, que incluya una imagen unitaria del mundo, del hombre y de Dios, y de sus relaciones.

Debe advertirse, sin embargo, que el cultivo de la interdisciplinariedad no es tarea fácil, precisamente porque los especialistas de diferentes áreas utilizan sus propios conceptos y lenguajes, y no resulta fácil unificar conceptos y lenguajes diferentes. Además, una mera suma de los conocimientos logrados en las diversas áreas solamente proporcionaría un compendio enciclopédico, no una síntesis unitaria.

Existen algunas teorías que sirven de puente entre diferentes disciplinas o ramas de la ciencia. Se trata, por ejemplo, de las *teorías morfogenéticas* que intentan explicar la génesis de nuevas formas de organización. Entre ellas se cuentan la «termodinámica de procesos irreversibles» formulada por Ilya Prigogine, que explica cómo surgen nuevas pautas espacio-temporales en sistemas alejados del equilibrio, y es citada con frecuencia para ejemplificar los fenómenos de autoorganización; y la «sinergética» de Hermann Haken que, en una línea semejante, estudia la formación de nuevas pautas como consecuencia de la sinergia o interacción cooperativa entre diferentes componentes. Estas dos teorías, que pertenecen a la ciencia experimental, son ejemplos de puentes que conectan disciplinas diferentes, y algunos razonamientos de la sinergética se pueden aplicar también en ámbitos como la economía. También pueden mencionarse en esta línea la «teoría de catástrofes» de René Thom, que es una teoría matemática que describe la formación de pautas a partir de ciertas condiciones específicas, y las teorías del «caos determinista», que estudian el influjo de las condiciones iniciales en la formación de diferentes tipos de pautas; también se atribuye a estas teorías una gran amplitud y se intenta aplicarlas a ámbitos muy diversos[14].

Teorías como las recién mencionadas son teorías estrictamente científicas que proporcionan nexos que relacionan diferentes dominios científicos. Se trata, por tanto, de teorías que, por sí mismas, poseen una cierta interdisciplinariedad. De hecho, se les concede gran interés precisamente por este motivo, ya que permiten superar la perspectiva analítica, centrada exclusivamente en torno a los límites de cada disciplina particular, para lograr una cierta síntesis de los distintos ámbitos del conocimiento. En algunos casos permiten relacionar el ámbito físico-químico con el biológico, y en otros casos algunas de sus ideas se extienden incluso al ámbito de las ciencias sociales. Relacionan distintos ámbitos respetando, al mismo tiempo, la autonomía propia de cada uno de ellos: no pretenden impo-

14. Se encuentran algunos comentarios a estas teorías morfogenéticas, y bibliografía sobre ellas, en: M. ARTIGAS, *La inteligibilidad de la naturaleza*, 2ª ed., EUNSA, Pamplona 1992, pp. 105-114.

ner unas pautas generales uniformes, ni conducen a ninguna reducción de unas ciencias a otras.

¿Es posible aspirar a una interdisciplinariedad más fuerte, que nos facilite una comprensión de los problemas relacionados con el sentido de la vida humana? Si admitimos que existe un desfase metodológico entre la ciencia experimental y la metafísica (incluyendo la antropología filosófica y la teología natural), entonces deberemos admitir también que la reflexión acerca del sentido de la vida exige adoptar una perspectiva estrictamente filosófica (y, en su caso, teológica). Sin duda, deberemos tener en cuenta los conocimientos aportados por la ciencia experimental cuando deseamos obtener una imagen del mundo y del hombre adecuada al nivel del progreso científico en cada momento; pero la ciencia experimental, por sí misma, no nos proporcionará los medios necesarios para abordar los interrogantes más profundos.

Se llega a una valoración muy diferente si se adopta una posición cientificista, tal como sucede, por ejemplo, con la interpretación de la unidad de la ciencia en clave sociobiológica, propuesta por Edward O. Wilson. En obras anteriores publicadas en la década de 1970, Wilson había argumentado a favor de la sociobiología, que estudia los fenómenos humanos a través de su base biológica [15]. Más de veinte años después, en una nueva obra, reformula sus ideas colocando, como telón de fondo, el tema de la unidad de la ciencia [16]. En esta obra, Wilson plantea la construcción de un puente entre las ciencias y las humanidades, renovando el antiguo ideal jónico de la unidad del conocimiento y retomando la formulación de ese ideal en la Ilustración[17]. Ese puente se construiría, según Wilson, tomando como base las ciencias del cerebro y la biología evolutiva, y puede ser interpretado como una nueva versión del materialismo fisicalista. En efecto, Wilson afirma que la idea central de su propuesta es que «todos los fenómenos tangibles, desde el nacimiento de las estrellas hasta el funcionamiento de las instituciones sociales, se basan en procesos materiales que se pueden reducir, en último término, a las leyes de la física, por muy largas y tortuosas que sean las secuencias» [18]. Se trata de una nueva formulación del reduccionismo materialista y fisicalista, tal como se advierte en muchos otros pasajes de la obra de Wilson.

Sin duda, cada persona humana constituye una unidad, en la cual lo material es una parte esencial. Por tanto, el estudio de la base biológica de la personalidad proporciona claves muy importantes para comprender mejor los fenómenos humanos. Sin embargo, esa perspectiva no proporciona una imagen completa del ser humano. Más aún, deja fuera las dimensiones espirituales, que son las princi-

15. Cfr. especialmente: E. O. WILSON, *Sociobiología: la nueva síntesis*, Omega, Barcelona 1980; *Sobre la naturaleza humana*, Fondo de Cultura Económica, México 1983.
16. Cfr. íd., *Consilience: The unity of knowledge*, Knopf, New York 1998.
17. Cfr. ibíd., pp. 3-7, 14-44 y 164.
18. Cfr. ibíd., p. 266.

pales. Se trata de una extrapolación injustificada que no puede apoyarse en la biología: en efecto, la ciencia experimental no permite decir nada, ni a favor ni en contra, acerca de lo que cae fuera de su perspectiva. En caso de que se insista en presentar esa posición como científica, habría que responder que, por el contrario, tal pretensión es pseudocientífica: es la posición típica, bien conocida, de quien presenta sus puntos de vista como si estuvieran apoyados en la ciencia, cuando en realidad no lo están.

Es posible señalar las fronteras que separan lo científico de lo pseudo-científico. Esto tiene gran importancia si tenemos en cuenta que la pseudo-ciencia ha sido a lo largo de la historia una fuente no sólo de confusiones teóricas notables, sino también de actitudes prácticas que han provocado, en no pocas ocasiones, grandes males que han afectado a muchísimas personas, también (y quizás especialmente) en el siglo XX.

Podemos establecer conexiones entre diferentes ramas de la ciencia natural, incluyendo también los aspectos naturales de las ciencias sociales. Y podemos prevenirnos frente al cientificismo, señalando las fronteras de la ciencia, para evitar extrapolaciones injustificadas. Parece lógico, sin embargo, aspirar a algo más: a una síntesis positiva que, evitando los peligros de extrapolaciones injustificadas, proporcione una imagen unitaria de la realidad. No se trata de una tarea fácil, y ni siquiera deberíamos esperar que exista una síntesis teórica que, por así decirlo, sólo estuviera esperando a ser formulada por un genio y «aprendida» por los demás. Los grandes rasgos de una *síntesis práctica* están al alcance de cualquiera que encuentre el sentido auténtico de su vida, pero la *articulación teórica* de los diferentes ámbitos del saber es una tarea compleja que se puede realizar de diferentes maneras que son no sólo legítimas sino incluso complementarias. La realidad es muy variada y nuestro conocimiento es muy limitado; resulta lógico, por tanto, que una articulación teórica de los diferentes tipos de saber, que incluya las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades, pueda realizarse desde diferentes perspectivas y deba estar siempre abierta a ulteriores precisiones, aunque las grandes líneas de una síntesis de ese tipo tengan un carácter más permanente.

Volveremos sobre estas cuestiones más adelante, una vez que hayamos examinado con mayor detalle los métodos y alcance de las ciencias. Ahora analizaremos las relaciones de las ciencias con la religión, para conseguir una perspectiva más completa de la deseada integración del saber.

11.4. *El diálogo entre ciencia y fe cristiana*

Basándose en la revelación divina, el cristianismo propone una doctrina profunda y coherente acerca del mundo, del hombre y de Dios, mostrando el sentido de todo lo creado a la luz de los planes divinos. Un cristiano que sea cohe-

rente con su fe sabe cuál es el sentido de su vida, es capaz de valorar en su justa medida las diferentes facetas de la realidad, y sabe cuáles son sus principales deberes con respecto a Dios, a sí mismo y a los demás. Por tanto, posee una sabiduría auténtica, que va mucho más lejos de la que puede alcanzarse mediante el solo esfuerzo humano. Sin embargo, la fe cristiana no lleva a desechar el esfuerzo de la razón; más bien cuenta con él.

La doctrina cristiana contiene verdades que sólo pueden ser conocidas a través de la revelación divina; se trata de «misterios» en sentido estricto, que superan la capacidad humana, sin que esto signifique que vayan en contra de la razón: por una parte, porque la revelación se presenta como algo razonable, fundado en argumentos inteligibles y profundos, y por otra, porque las verdades reveladas nos elevan a un plano superior, dándonos a conocer realidades que arrojan una poderosa luz sobre nuestra vida. Pero, además, la doctrina cristiana también contiene verdades que podemos alcanzar mediante nuestra razón, pero que son tan importantes que Dios ha querido asegurar que puedan ser conocidas por muchos, con seguridad y sin mezcla de error, gracias a la ayuda de la revelación: tal es el caso de la existencia y atributos de Dios como creador y fin de toda la creación, de la espiritualidad e inmortalidad del alma humana, y de los principales preceptos de la ley moral natural.

Existen, por tanto, ámbitos en los que la ciencia y la fe cristiana pueden colaborar. Las diferentes ciencias (experimentales y humanas, incluyendo las filosóficas) pueden estudiar los fundamentos racionales del cristianismo. Además constituyen un instrumento muy valioso para el trabajo teológico que se propone profundizar en el contenido de la revelación. Por su parte, la fe cristiana proporciona un contexto en el cual la actividad científica en general, y sus logros particulares, adquieren su sentido más profundo.

La mutua complementariedad que existe entre la razón y la fe ha sido puesta de relieve con gran fuerza por el papa Juan Pablo II en su encíclica *Fides et ratio*, publicada en 1998, que comenzaba con las palabras siguientes: «La fe y la razón son como las dos alas con las cuales el espíritu humano se eleva hacia la contemplación de la verdad. Dios ha puesto en el corazón del hombre el deseo de conocer la verdad y, en definitiva, de conocerle a Él para que, conociéndolo y amándolo, pueda alcanzar también la plena verdad sobre sí mismo»[19].

En esa encíclica, Juan Pablo II se propone estimular a la razón humana para que no abandone la búsqueda de las verdades últimas, teniendo en cuenta que el gran progreso conseguido en muchos sectores ha llevado con frecuencia, en nuestra época, a ceder ante la tentación del relativismo y del pragmatismo, desconfiando de las posibilidades de la razón para alcanzar la verdad objetiva. Juan Pablo II estimulaba a cultivar una filosofía que tenga carácter sapiencial, que re-

19. JUAN PABLO II, Carta encíclica *Fides et ratio*, 14.IX.1998, proemio.

conozca la capacidad humana para alcanzar las verdades últimas, y que tenga un alcance metafísico, subrayando que sólo una filosofía que posea tales características será coherente con la doctrina cristiana.

En ese contexto, Juan Pablo II se refiere al cientificismo con las siguientes palabras: «Otro peligro considerable es el *cientificismo*. Esta corriente filosófica no admite como válidas otras formas de conocimiento que no sean las propias de las ciencias positivas, relegando al ámbito de la mera imaginación tanto el conocimiento religioso y teológico, como el saber ético y estético. En el pasado, esta misma idea se expresaba en el positivismo y en el neopositivismo, que consideraban sin sentido las afirmaciones de carácter metafísico. La crítica epistemológica ha desacreditado esta postura, que, no obstante, vuelve a surgir bajo la nueva forma del cientificismo. En esta perspectiva, los valores quedan relegados a meros productos de la emotividad y la noción de ser es marginada para dar lugar a lo puro y simplemente fáctico. La ciencia se prepara a dominar todos los aspectos de la existencia humana a través del progreso tecnológico. Los éxitos innegables de la investigación científica y de la tecnología contemporánea han contribuido a difundir la mentalidad cientificista, que parece no encontrar límites, teniendo en cuenta cómo ha penetrado en las diversas culturas y cómo ha aportado en ellas cambios radicales. Se debe constatar lamentablemente que lo relativo a la cuestión sobre el sentido de la vida es considerado por el cientificismo como algo que pertenece al campo de lo irracional o de lo imaginario. No menos desalentador es el modo en que esta corriente de pensamiento trata otros grandes problemas de la filosofía que, o son ignorados o se afrontan con análisis basados en analogías superficiales, sin fundamento racional. Esto lleva al empobrecimiento de la reflexión humana, que se ve privada de los problemas de fondo que el *animal rationale* se ha planteado constantemente, desde el inicio de su existencia terrena. En esta perspectiva, al marginar la crítica proveniente de la valoración ética, la mentalidad cientificista ha conseguido que muchos acepten la idea según la cual lo que es técnicamente realizable llega a ser por ello moralmente admisible» [20].

Juan Pablo II subraya que el hombre posee la capacidad de buscar y encontrar la verdad, también las verdades últimas sobre la existencia. Incluso propone una caracterización del hombre en función de su aspiración hacia la verdad: «Se puede definir, pues, al hombre como *aquel que busca la verdad*» [21]. La Iglesia no tiene miedo a la razón. Por el contrario, necesita de ella para fundamentar su doctrina, para formularla, para profundizar en ella y para resolver las dificultades que se le enfrentan. Resulta significativo que, en la Encíclica *Fides et ratio*, los peligros que Juan Pablo II denuncia se encuentran, por lo general, en la línea de la desconfianza frente a la razón, del relativismo y del escepticismo. Incluso la

20. Ibíd., n. 88.
21. Ibíd., n.28. La cursiva es del texto original.

denuncia del cientificismo se debe a que, utilizando extrapolaciones injustificadas, el cientificismo prohibe la investigación de las cuestiones últimas o decreta arbitrariamente que carece de sentido o que conduce a problemas que carecen de solución. En cambio, Juan Pablo II afirmaba: «La lección de la historia del milenio que estamos concluyendo testimonia que éste es el camino a seguir: es preciso no perder la pasión por la verdad última y el anhelo por su búsqueda, junto con la audacia de descubrir nuevos rumbos. La fe mueve a la razón a salir de todo aislamiento y a apostar de buen grado por lo que es bello, bueno y verdadero. Así, la fe se hace abogada convencida y convincente de la razón» [22].

La Iglesia católica reconoce la legítima autonomía de las ciencias en su propio orden. Se ha dado algún conflicto histórico bien conocido, pero debe señalarse que el caso de Galileo, al que siempre se alude en este contexto, es un caso único en el que se mezclaron factores personales, que tuvo lugar en un momento en que era difícil apreciar el sentido de la nueva ciencia que estaba naciendo, y que no tuvo especiales consecuencias en el desarrollo de la ciencia. En la Encíclica *Fides et ratio* Juan Pablo II citaba textualmente a Galileo, quien afirma que no puede existir contradicción entre «La Escritura santa y la naturaleza, al provenir ambas del Verbo divino, la primera en cuanto dictada por el Espíritu Santo, y la segunda en cuanto ejecutora fidelísima de las órdenes de Dios» [23]. Galileo, lo mismo que otros grandes pioneros de la ciencia experimental moderna, como Copérnico, Kepler y Newton, tenía firmes convicciones religiosas y comprendió claramente el error de quienes rechazaban el heliocentrismo basándose en pasajes de la Biblia que no tenían una intención científica. De hecho, se ha reconocido desde perspectivas muy diversas que el cristianismo ha sido uno de los factores que han ayudado al nacimiento de la ciencia experimental moderna.

Es fácil descubrir el sentido profundo de la actividad científica a la luz de las ideas cristianas: el hombre, creado por Dios a su imagen y semejanza, tiene la capacidad de conocer la realidad y ha recibido de Dios el encargo de cooperar en el plan divino para humanizar el mundo y convertirlo en ocasión de encuentro con Dios. Puesto que Dios ha creado el mundo libremente, el mundo es contingente y, para conocerlo, es necesario contar con la experimentación. La ciencia es posible porque el ser humano posee unas capacidades únicas que lo distinguen del resto de la creación. En esta línea, Juan Pablo II escribía: «El hombre es el único ser en toda la creación visible que no sólo es capaz de saber, sino que sabe también que sabe, y por eso se interesa por la verdad real de lo que se le presenta. Nadie puede permanecer sinceramente indiferente a la verdad de su saber [...] Este es el motivo de tantas investigaciones, particularmente en el campo de las ciencias, que han llevado en los últimos siglos a resultados tan significativos, favoreciendo un auténtico progreso de toda la humanidad» [24].

22. Ibíd., n. 56.
23. Ibíd., n. 34 nota 29.
24. Ibíd., n. 25.

Afirmar la capacidad cognoscitiva humana no significa ignorar que nuestro conocimiento siempre es limitado. Juan Pablo II señala los límites de nuestro conocimiento con estas palabras: «El científico es muy consciente de que la búsqueda de la verdad, incluso cuando atañe a una realidad limitada del mundo o del hombre, no termina nunca»[25]. La mentalidad científica lleva a la modestia intelectual de quien se encuentra siempre dispuesto a reconocer el carácter limitado y perfectible de su conocimiento, y esa actitud permite superar las dificultades que obstaculizan el diálogo entre ciencia y fe.

Por otra parte, Juan Pablo II también aludía a los supuestos de la actividad científica: «La capacidad misma de buscar la verdad y de plantear preguntas implica ya una primera respuesta. El hombre no comenzaría a buscar lo que desconociese del todo o considerase absolutamente inalcanzable. Sólo la perspectiva de poder alcanzar una respuesta puede inducirlo a dar el primer paso. De hecho esto es lo que sucede normalmente en la investigación científica. Cuando un científico, siguiendo una intuición suya, se pone a la búsqueda de la explicación lógica y verificable de un fenómeno determinado, confía desde el principio que encontrará una respuesta, y no se detiene ante los fracasos. No considera inútil la intuición originaria sólo porque no ha alcanzado el objetivo; más bien dirá con razón que no ha encontrado aún la respuesta adecuada»[26]. Vamos a ver, a continuación, que el estudio de los supuestos e implicaciones de la ciencia tiende un puente muy interesante para desarrollar el diálogo entre la ciencia, por una parte, y la metafísica y la religión, por la otra.

11.5. *Buscando la integración*

A pesar del influjo de la mentalidad positivista, en la actualidad suele reconocerse que el acceso a la realidad se realiza mediante perspectivas limitadas y que es deseable su integración, respetando las peculiaridades de cada una. En este apartado vamos a exponer un intento de integración que puede proporcionar un amplio puente entre la ciencia experimental por una parte, y la metafísica y la religión por la otra[27]. Se trata de una perspectiva que es compatible con otras y no pretende ser exclusiva. Más aún: una de sus ventajas es que proporciona una base amplia que puede servir para desarrollar otros puentes más específicos.

El diálogo entre ciencia y teología se está desarrollando rápidamente. Sin embargo, no es una tarea fácil. Si admitimos que existe un desfase metodológico entre ciencia y teología, incluso podríamos preguntarnos qué significado puede tener ese diálogo. Además, la separación entre el mundo de los hechos, estudiado

25. Ibíd., n. 106.
26. Ibíd., n. 29.
27. Las ideas de este apartado se encuentran expuestas de modo detallado en: M. ARTIGAS, *La mente del universo*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 2000.

por las ciencias, y el mundo de los valores, que parece ser un ámbito de interpretación subjetiva, amenaza seriamente a cualquier intento de unir ambas esferas. Por si todo ello fuera poco, el naturalismo utiliza una y otra vez a la ciencia experimental para presentar a la metafísica y a la religión como carentes de sentido o inútiles.

Sin embargo, nos encontramos en la actualidad en un momento privilegiado para explorar los temas recién mencionados sobre una sólida base. Es posible mostrar que, por vez primera en la historia, poseemos una cosmovisión científica que es, al mismo tiempo, completa y rigurosa, y se encuentra estrechamente relacionada con las ideas de auto-organización, racionalidad, e información. Asimismo, el desarrollo de la epistemología nos permite combinar las perspectivas lógica, histórica y sociológica, alcanzado una visión equilibrada acerca de las capacidades humanas que hacen posible la existencia y el progreso de la ciencia experimental. Finalmente, el desarrollo de la tecnología basada sobre la ciencia nos ha hecho más conscientes de las implicaciones éticas del progreso científico.

Estos tres niveles (ontológico, epistemológico y ético) corresponden a los tres niveles de la ciencia experimental. El análisis de los supuestos de cada uno de estos niveles, y de la retroacción del progreso científico sobre ellos, proporciona indicaciones que comunican con importantes temas filosóficos y teológicos.

Existen tres tipos de tales supuestos. El primero se refiere a la inteligibilidad o racionalidad de la naturaleza; puede ser denominado *ontológico*, y se encuentra estrechamente relacionado con el orden de la naturaleza. El segundo se refiere a la capacidad humana para conocer el orden natural; puede ser denominado *epistemológico*, e incluye las diferentes modalidades de la argumentación científica. El tercero se refiere a los valores implicados por la actividad científica; puede ser denominado *ético*, e incluye la búsqueda de la verdad, el rigor, la objetividad, la modestia intelectual, el servicio a los demás, la cooperación, y otros valores relacionados con éstos.

El progreso científico ejerce una retroacción sobre esos supuestos, ya que los retrojustifica, los enriquece, y los precisa. Dado que esos supuestos son condiciones necesarias para la existencia de la ciencia, el progreso científico es una condición suficiente para su existencia y nos permite determinar su alcance.

Visto a la luz de esa retroacción, el análisis de cada uno de esos supuestos puede proporcionar una clave para comprender el significado del progreso científico y, por tanto, su alcance metafísico y teológico.

En primer lugar, considerada como actividad humana, la ciencia experimental es una actividad dirigida hacia un doble objetivo, concretamente un conocimiento de la naturaleza que pueda ser sometido a control experimental y, por tanto, sea utilizable para conseguir un dominio controlado del mundo. En este nivel, es fácil advertir que los dos objetivos de la ciencia actúan como supuestos de toda la empresa científica: la existencia y el progreso de la ciencia supone que ese doble objetivo representa unos valores que merecen ser buscados y alcanza-

dos. De hecho, desde el punto de vista histórico, se puede señalar cuándo se comenzó a valorar seriamente la búsqueda de ese doble objetivo y la influencia que esto tuvo para el desarrollo sistemático de la ciencia moderna. El análisis de estos objetivos nos lleva al nivel de los valores científicos fundamentales, a los que podemos añadir otros valores que se encuentran asociados al carácter público e institucional de la investigación científica. De este modo, la ciencia experimental se encuentra relacionada con toda una serie de valores éticos, y el progreso científico arroja nuevas luces sobre ellos.

En segundo lugar, los métodos científicos suponen que poseemos unas capacidades realmente singulares, que nos permiten formular de modo creativo nuevas hipótesis, y comprobar su validez utilizando argumentos en los que la creatividad y la interpretación desempeñan un papel fundamental. En este nivel, el análisis del progreso científico nos lleva a conocer cada vez mejor nuestras propias capacidades, y nos permite estudiar la singularidad humana de un modo que se relaciona estrechamente con los temas centrales de la antropología filosófica y teológica.

En tercer lugar, las construcciones científicas proporcionan una representación del orden natural. La ciencia supone que existe un orden que podemos conocer, aunque sea de modo parcial y perfectible. El progreso científico justifica la validez de ese supuesto, y nos proporciona un conocimiento cada vez más amplio y profundo del orden de la naturaleza. La cosmovisión científica actual proporciona una base muy adecuada para una perspectiva que incluye la finalidad y los valores religiosos, y su estudio proporciona claves interesantes para nuestras ideas sobre el universo como creación de Dios, el hombre como colaborador de Dios, y Dios como el fundamento del ser, de la creatividad y de los valores. Esa cosmovisión incluye lo muy grande y lo muy pequeño, lo viviente y lo no viviente, las dimensiones estructurales y dinámicas de la naturaleza, en una perspectiva coherente y unitaria centrada en la idea de auto-organización. Puede decirse que esta cosmovisión es completa no porque ya conozcamos todo, sino porque incluye todos los niveles de la naturaleza y también sus relaciones mutuas. A la luz de los conocimientos actuales, vemos que el orden natural es el resultado de un gigantesco despliegue del dinamismo natural, en un proceso de auto-organización que culmina en la organización natural que hace posible la existencia de seres racionales. Todo ello nos lleva fácilmente a plantear un mutuo enriquecimiento entre las perspectivas de la ciencia, de la metafísica y de la teología.

La ciencia experimental no debería ser utilizada como la base de perspectivas reduccionistas o naturalistas, ya que no solamente incluye un conocimiento acerca de hechos, sino también las condiciones necesarias de ese conocimiento, que pueden ser consideradas como supuestos cuyo análisis constituye una tarea filosófica y teológica.

Desde luego, la ciencia experimental, por sí sola, no permite plantear ni resolver problemas éticos, antropológicos u ontológicos. Sin embargo, el estudio

de sus supuestos y de las implicaciones de su progreso conduce a una perspectiva en la cual se pueden establecer conexiones entre el mundo de la ciencia y el de las humanidades.

Cada nuevo paso en el progreso científico abre nuevos panoramas y, con ellos, nuevos problemas cuya existencia ni siquiera se podía sospechar previamente. Por este motivo, el progreso científico puede servir para aumentar el sentimiento de asombro y admiración delante del mundo que podemos descubrir y controlar, y ante todo, delante de su Creador. Además, cada vez conocemos mejor nuestras propias capacidades y las mejoramos; por tanto, advertimos que somos creativos y que nos convertimos en seres cada vez más creativos, participando de la creatividad divina que es la fuente de todo ser. Y el progreso científico representa una de las expresiones más rigurosas de la búsqueda de la verdad, que es un valor central en la vida humana y va siempre acompañado de un conjunto de otros valores que tienen también un significado ético.

Este tipo de puente pertenece al mismo tiempo a la ciencia, por una parte, y a la filosofía y a la teología, por la otra. Pertenece a la ciencia porque el punto de partida de la argumentación está formado por los supuestos generales de las ciencias. Sin embargo, el estudio de esos supuestos trasciende las perspectivas específicas utilizadas en las ciencias, de tal modo que su análisis es una tarea propiamente filosófica que puede servir para conectar la ciencia y la teología.

Una ventaja ulterior de este planteamiento es que, al estar basado sobre el progreso científico, no será sobrepasado por el ulterior progreso de la ciencia. Cuanto más avance la ciencia, será más valioso y capaz de ser ulteriormente desarrollado y completado. Solamente dejaría de servir si cesase el progreso científico. En la medida en que continúe el progreso de la ciencia experimental, mantendrá su validez y proporcionará un marco de referencia para nuevas investigaciones.

Capítulo V
El método de las ciencias

En este capítulo dedicaremos los primeros apartados a caracterizar las ciencias experimentales y a analizar su método, y después consideraremos el método de las ciencias humanas. Es lógico que se dedique una atención especial a la ciencia experimental, ya que, debido a su peculiar fiabilidad, suele tomarse como punto de referencia para valorar las demás ciencias. Esa comparación es, en ocasiones, fuente de equívocos, y por este motivo un primer paso imprescindible para deshacerlos es clarificar cuáles son las características de la ciencia experimental.

12. Las ciencias naturales y sus métodos

Nos hemos referido a las *ciencias naturales*, cuyo objeto propio es la naturaleza, como *ciencias experimentales* porque, de este modo, se pone de relieve su característica principal: que, para comprobar la validez de sus hipótesis, recurren al empleo sistemático de la experimentación. Por este motivo, cuando se habla de estas ciencias, suele decirse que emplean el *método experimental*. Pero la experimentación se apoya en teorías: necesitamos teorías para planear los experimentos, para diseñar y construir los aparatos, y para interpretar sus resultados.

A veces, estas ciencias son denominadas *ciencias positivas*. Parece preferible evitar esta expresión, que proviene de la terminología positivista, porque fácilmente conduce a una imagen falsa de la ciencia. La ciencia *positiva*, tal como era concebida por el positivismo, nunca ha existido ni puede existir. En efecto, según el positivismo, la ciencia debería limitarse a establecer relaciones entre datos observables; sin embargo, esta exigencia es imposible de cumplir, porque no existen «datos» puros independientes de toda teoría. Además, suponiendo (por un imposible) que se pusiera en práctica, se frenaría completamente el progreso de la ciencia. La ciencia experimental existe y progresa gracias al empleo creativo de construcciones e interpretaciones que van mucho más allá de lo «dado» en la experiencia.

12.1. *Características específicas de las ciencias experimentales*

En su conjunto, *la ciencia experimental se caracteriza por la combinación de dos objetivos, que forman como un único objetivo con un doble aspecto: el conocimiento de la naturaleza, por una parte, y su dominio controlado, por la otra*. Se trata de una combinación muy peculiar, que no fue desarrollada sistemáticamente hasta el siglo XVII. La combinación de esos dos objetivos en uno solo es fuente de muchos equívocos que todavía existen en la actualidad acerca del valor de la ciencia experimental y, en consecuencia, acerca del valor de las ciencias humanas y del conocimiento humano en general. Por eso, tiene enorme importancia comprender el significado de esa combinación de objetivos teóricos y prácticos. Para facilitar esa comprensión nos referiremos, en primer lugar, al proceso histórico que condujo al nacimiento moderno de la ciencia experimental, y a continuación examinaremos los aspectos centrales de su método.

a) *La novedad de la ciencia experimental*

Aunque desde la antigüedad existieron fragmentos de ciencia experimental que facilitaron su nacimiento definitivo en el siglo XVII, ese nacimiento supuso una revolución en el ideal mismo de ciencia. La peculiaridad de la nueva ciencia fue la combinación, en un mismo objetivo, de dos objetivos diferentes aunque relacionados: un objetivo teórico de conocimiento de la naturaleza, y un objetivo práctico de dominio controlado de la misma, basado en el conocimiento teórico.

Un análisis interesante de la historia de esta combinación se contiene en la conferencia presidencial pronunciada por Ernan McMullin en 1984 en la American Philosophical Association, publicada con el título «Los objetivos de la ciencia natural»[1]. McMullin distingue tres tipos de ciencia, a los que denomina «ciencia P», donde P significa «predicción»; «ciencia D», donde D significa «demostración»; y «ciencia T», donde T significa «teórica». Según McMullin, los dos primeros tipos de ciencia han existido desde la época antigua, y el tercer tipo emergió en los últimos siglos, en continuidad con los anteriores, pero también como una verdadera innovación que no existía previamente tal como existe en la actualidad.

El objetivo de la «ciencia P» es «organizar los fenómenos del modo más económico posible en vistas a la predicción exacta», y este tipo de ciencia ya está representada en el gran período de la astronomía babilónica desde el 250 hasta el 50 a.C. En cambio, el objetivo de la «ciencia D», que representa la ciencia natural según el ideal de Aristóteles, es «un conocimiento de causas, donde el conocimiento se construye como demostración», y la predicción no desempeña ningún papel particular en esa clase de ciencia, cuyo objetivo es principalmente

1. Cfr. E. McMULLIN, «The Goals of Natural Science», en: I. HRONSZKY, M. FEHÉR y B. DAJKA (eds.), *Scientific Knowledge Socialized*, Kluwer, Dordrecht 1988, pp. 27-58.

contemplativo. Existían, además, disciplinas que utilizaban métodos matemáticos para discutir asuntos físicos, y estas ciencias se denominaron ciencias «mixtas» o «medias»; esto introdujo una tensión no resuelta entre la «ciencia P» y la «ciencia D», que finalmente fueron combinadas en la nueva «ciencia T» en el siglo XVII.

McMullin dice acerca de esta nueva «ciencia T»: «Lo que está surgiendo aquí es, por supuesto, un nuevo ideal de ciencia. El objetivo puede ser expresado todavía mediante la frase de Aristóteles como «un conocimiento de causas», pero hay dos modificaciones cruciales, una en el término «conocimiento» y otra en el término «causa». El *conocimiento* que proporciona la ciencia ya no es considerado como demostrativo, como definitivo, como necesario. Es probable, falible, dependiente de la contrastación empírica continuada. Ciertamente, eso continuó siendo objeto de disputa hasta bien entrado el siglo XIX, en parte porque muchos pensaban que la mecánica de Newton proporcionaba al menos un ejemplo de la ciencia D que ya no estaba de moda. Pero la idea de que se necesita la contrastación empírica, y por tanto de que la predicción es ahora una parte *necesaria* de la ciencia, ya se alcanzó, estoy tentado de decir que de una vez para todas, en el siglo XVII. La explicación y la predicción ya no podían ser separadas como lo habían estado durante tanto tiempo. Ahora el testimonio principal de una explicación aceptable será precisamente su capacidad de *predecir*, o sea, de implicar consecuencias contrastables... Remontarse desde los efectos hasta las causas que no se observaban requería una *teoría*, y con el tiempo la noción de «teoría» llegó a significar primariamente el producto de este tipo de retroducción desde el efecto hasta la causa postulada. En tal caso, la causa es definida por la teoría, y su garantía no es más que, ni menos que, la teoría misma... Las nociones de teoría y de entidad teórica son, por tanto, centrales en ese nuevo modelo emergente de ciencia, que podemos denominar *ciencia T*. En la ciencia T, el poder predictivo característico de la ciencia P se une a la fuerza explicativa característica de la ciencia D. Ya no puede existir una ciencia que sólo predice, o una que sólo explica[2].

McMullin subraya correctamente que la combinación de explicación y predicción es el rasgo más característico de la ciencia experimental. Desde el punto de vista histórico, el ideal de la nueva ciencia no emergió repentinamente. Mientras Bacon insistió en la importancia de los aspectos prácticos, los astrofísicos de la generación de Galileo buscaban un conocimiento puramente teórico, y hubo que esperar hasta el siglo XIX para que el conocimiento proporcionado por las nuevas ciencias sirviera como base para guiar y acelerar la tecnología. Pero el ideal de la nueva ciencia, que combina el conocimiento con el control empírico, está ya claramente desarrollado en el siglo XVII.

Es importante subrayar que se trataba de una auténtica novedad; de hecho, una de las novedades principales que se han producido en la historia, y que ha

2. Ibíd., pp. 41-42.

transformado profundamente la vida de la humanidad. Comentando la combinación de explicación y predicción en una misma ciencia, McMullin dice: «Nótese que esto fue un descubrimiento *empírico*; debía mostrarse que una ciencia que cumplía plenamente los objetivos de explicar y predecir era *posible*. Se podría argumentar de modo plausible que éste fue uno de los descubrimientos más revolucionarios en ese siglo de la «revolución científica» [3]. Lo cual significa que el progreso científico ha introducido en la historia auténticas novedades, y que, para comprender la naturaleza de la ciencia experimental, no basta con aplicarle, con algunas acomodaciones o retoques, la noción clásica de ciencia. Hasta que se desarrolló sistemáticamente la ciencia experimental a partir del siglo XVII, no se sabía que ese tipo de ciencia podía existir, e incluso parecía muy difícil que existiese nunca.

De hecho, cuando se estudia el caso de Galileo, se advierte que un factor que influyó de modo decisivo en su desarrollo fue que quienes se opusieron a Galileo no creían que una ciencia como la que estaba naciendo pudiera consolidarse. En efecto, consta por escrito que dos de los personajes más influyentes que intervinieron en ese caso, concretamente el cardenal Belarmino y el papa Urbano VIII, que tenían gran simpatía por la cultura, estaban convencidos de que era muy difícil, o incluso imposible, que nunca se llegara a demostrar que la Tierra se mueve (Galileo pensaba que ya poseía esa demostración, lo cual no era cierto).

b) *Los objetivos de la ciencia experimental*

Vamos a considerar ahora con mayor detalle los objetivos de la ciencia experimental, teniendo en cuenta esa ciencia tal como existe desde hace cuatro siglos.

De modo semejante a lo que sucede en las actividades filosóficas, artísticas o culturales, quienes cultivan la ciencia experimental lo hacen para conseguir unos determinados objetivos, que pueden ser de dos tipos. En primer lugar, los *objetivos externos* que dependen de la voluntad de las personas: por ejemplo, el afán de saber, la búsqueda de lucro o de prestigio, la obtención de resultados útiles para la sociedad. Se trata de motivaciones que mueven a las personas, y pueden variar incluso entre personas que trabajan en un mismo proyecto y con el mismo método. Pueden existir convicciones filosóficas o intereses prácticos que motivan a los científicos singulares y también a una comunidad o grupo científico en una determinada época.

El estudio de los objetivos externos tiene gran interés para comprender el desarrollo de las ciencias, y constituye un tema propio de la historia y de la sociología de la ciencia. Sin embargo, la naturaleza de la ciencia viene determinada

3. Ibíd., p. 41.

por sus *objetivos internos*, que son aquellos hacia los cuales tiende la actividad científica por sí misma, independientemente de las motivaciones de los sujetos o grupos particulares. Es posible, por supuesto, que en muchos casos coincidan total o parcialmente los objetivos externos y los internos, pero esto es irrelevante para caracterizar la actividad científica. Es igualmente posible que los objetivos externos adquieran una significación decisiva en la actividad científica y condicionen su valoración global, como sucede si la investigación se realiza en función de objetivos militares o políticos, pero, en cualquier caso, la validez de la ciencia en sí misma sólo dependerá de sus cánones propios: los intereses económicos, políticos o militares no pueden cambiar las leyes de la mecánica, de la física nuclear o de la biología molecular.

Los objetivos internos son múltiples, dada la complejidad de la actividad científica. El físico teórico busca formulaciones abstractas que, a veces, no tienen una conexión inmediata con los fenómenos observables, el físico experimental busca resultados experimentales, y entre los dos extremos se dan múltiples situaciones intermedias. El problema que se plantea es el siguiente: ¿existen unos *objetivos internos generales*, que permiten caracterizar la actividad científica en su totalidad? La respuesta afirmativa implica que todos los objetivos parciales están abarcados, como casos particulares, en los objetivos generales.

En una primera aproximación, puede decirse que la actividad científica se dirige hacia dos objetivos generales: uno teórico, que es el *conocimiento* de la naturaleza, y otro práctico, que es su *dominio controlado*. Sin embargo, debe añadirse inmediatamente que lo característico de la ciencia experimental no es ninguno de los dos objetivos considerados por separado, sino una peculiar combinación de ambos. En efecto, el objetivo teórico también se da en otros modos de acceso a la realidad, como en el caso de la filosofía, y el objetivo práctico es también propio de la técnica. La ciencia experimental combina ambos, que resultan ser como dos aspectos de un único objetivo general: busca un dominio controlado de la naturaleza, pero no de modo meramente práctico, sino fundamentado en explicaciones teóricas. Y al mismo tiempo, las teorías deben conducir a aplicaciones prácticas controlables. En consecuencia, una primera definición de la ciencia experimental sería: *aquella actividad humana en la que se busca un conocimiento de la naturaleza que permita obtener un dominio controlado de la misma*.

Esa definición se ajusta a lo que, de hecho, se consigue mediante la ciencia experimental, independientemente del uso que de ella se haga y de la influencia de factores externos sobre su desarrollo. Sin embargo, requiere matizaciones.

En efecto, en muchas disciplinas científicas se utilizan construcciones teóricas muy abstractas que no son un simple reflejo de las estructuras y procesos reales. Incluso puede afirmarse que uno de los factores que determinaron el nacimiento sistemático de la ciencia moderna en el siglo XVII fue, precisamente, el empleo de tales construcciones teóricas, puesto que la física se desarrolló me-

diante formulaciones matemáticas cuya función es esencial e insustituible para alcanzar teorías cuantitativas rigurosas. En la física contemporánea, los avances van paralelos a una sofisticación creciente de los instrumentos matemáticos. ¿Puede decirse que tales construcciones proporcionan un conocimiento de la naturaleza?, ¿no son, más bien, simples instrumentos útiles para conseguir un dominio controlado de los fenómenos?

Se trata del problema del realismo del conocimiento científico, central en la filosofía de la ciencia. Sin embargo, para determinar el objetivo general de la actividad científica no es necesario haber resuelto completamente ese problema. Basta notar que, si bien se utilizan construcciones teóricas que no tienen un significado real inmediato, esto se hace en vistas a conseguir un auténtico conocimiento de la naturaleza. Los físicos pueden adoptar personalmente una interpretación realista o instrumentalista de las teorías, pero de hecho han de formularlas de modo tal que permitan deducir consecuencias que puedan relacionarse de modo coherente con hechos experimentales. La libertad en la construcción de teorías está limitada por ese requisito mínimo. Se exige que las teorías proporcionen marcos conceptuales para la descripción de fenómenos observables. Por consiguiente, aun en el caso de que se interpreten las teorías según una perspectiva instrumentalista, deberá admitirse que se trata de instrumentos mediante los cuales se consigue conocer fenómenos observables. En este sentido, el instrumentalismo puro es incompatible con el sentido realista de la actividad científica y con sus logros efectivos.

Otra matización importante es la siguiente: si bien las teorías han de relacionarse con el dominio controlado de la naturaleza, tal relación admite modalidades muy diversas. Volveremos sobre este importante tema.

La ciencia experimental no es un conjunto de verdades definitivamente demostradas mediante la experiencia. Para que una teoría sea admisible, basta —y es lo que sucede en muchos casos— que a partir de ella puedan deducirse algunas consecuencias controlables experimentalmente. Por consiguiente, entre los contenidos teóricos de las ciencias se encuentran enunciados de muy diverso valor: leyes experimentales que pueden someterse a control empírico riguroso, hipótesis que son útiles como instrumentos de trabajo sin que por ello deban admitirse necesariamente como verdaderas, convenciones o acuerdos sobre la aplicación de los conceptos científicos, etc.

En definitiva, lo característico de la ciencia experimental es la exigencia de que sus contenidos teóricos estén relacionados *de algún modo* con el control experimental. Si se cumple esta exigencia, los contenidos teóricos permitirán obtener un conocimiento de la naturaleza relacionado con su dominio controlado. Por tanto, la primera definición de la ciencia experimental, en función de su objetivo general, puede expresarse de otro modo, en función de una exigencia de método. Se obtiene de este modo una segunda definición de la ciencia experimental como *una actividad cognoscitiva cuyos contenidos teóricos se relacio-*

nan de modo lógico y coherente con datos controlables obtenidos mediante experimentación.

Esta definición expresa una condición necesaria que han de cumplir las teorías para ser aceptables. Se trata de un requisito mínimo: una teoría que no lo cumpla, no tendrá lugar en la ciencia experimental. Pero está formulado de modo muy amplio. En efecto, no se exige que las teorías puedan ser *demostradas* mediante la experiencia, sino sólo que a partir de ellas se obtengan consecuencias que sean *coherentes* con los datos experimentales.

¿Es, quizá, demasiado amplia esta exigencia?, ¿no se debería exigir que las teorías sean empíricamente verificables en sentido estricto? Sin duda, el ideal que guía la investigación es obtener teorías verdaderas; este ideal está expresamente formulado en la primera definición propuesta, ya que en ella se afirma que la ciencia es una actividad humana en la que se busca el conocimiento de la naturaleza, y sólo hay auténtico conocimiento si se alcanza la verdad. Sin embargo, muchos aspectos de la naturaleza son inaccesibles a la observación directa y no es fácil conseguir demostraciones concluyentes sobre ellos.

En definitiva, la primera definición propuesta incluye de modo suficiente la búsqueda de la verdad como objetivo básico de la actividad científica, sin exigir que todos los contenidos teóricos de la ciencia deban ser necesariamente verdaderos o susceptibles de demostraciones empíricas concluyentes en el mismo grado. La segunda definición expresa la exigencia de comprobación experimental como un requisito que las teorías pueden satisfacer de muy diversos modos. Estas dos definiciones no agotan lo que puede decirse acerca de la actividad científica, sus métodos y sus resultados. Pero se ajustan al objetivo básico de la ciencia experimental tal como de hecho se da en la realidad, e incluyen todas las investigaciones particulares posibles, cosa que no se conseguiría si se adoptara una caracterización más estrecha de la actividad científica.

c) *Perspectivas sociológicas y éticas*

La ciencia experimental es una actividad humana que tiende hacia los objetivos mencionados (una peculiar combinación de explicación y predicción), con total independencia de que puedan existir otros objetivos impuestos desde fuera, por muy importantes que estos últimos puedan ser desde el punto de vista sociológico.

En ocasiones, se objeta que la ciencia experimental se encuentra necesariamente mezclada con objetivos «externos» que, además, son los que suelen marcar las pautas del trabajo científico. Bruno Latour ha puesto de relieve que la actividad del científico puro, que piensa estar trabajando en función de objetivos puramente científicos, se encuentra encauzada por la actividad sociopolítica de sus jefes, quienes consiguen crear las condiciones para que el científico investi-

gue, publique y enseñe dentro de los cauces abiertos por los intereses sociopolíticos[4]. En esa línea, Alan Chalmers comenta: «Al proseguir la cuestión de cómo se satisfacen las condiciones sociales y materiales necesarias para investigar, bien en situaciones específicas, bien más generales, pronto se revela en qué medida la práctica científica implica, y no se puede separar de, cuestiones políticas y sociales más amplias»[5]. Chalmers expresa su idea central del modo siguiente: «En pocas palabras, mi principal idea es ésta. Aunque se puede *distinguir* la finalidad de la ciencia de otras finalidades, y se pueden diferenciar las valoraciones epistemológicas de otras valoraciones, no se puede *separar* la práctica científica implicada en la prosecución de esa finalidad de otras prácticas que persiguen otras finalidades»[6].

Sin duda, la actividad científica se encuentra mezclada con otras prácticas sociales y se ve «contaminada» por objetivos ajenos a ella. Esto tiene un gran interés para la sociología y para la ética, y el científico, lo mismo que el abogado o el médico, debe evaluar el sentido de su actividad dentro de los condicionamientos sociales en que se vea implicada. Pero todo ello, aunque pueda ser muy importante, no afecta en modo alguno a la validez de los objetivos, métodos y resultados científicos en su nivel propio. Un científico no debe cooperar en la planificación ni en el funcionamiento de una cámara de gas para exterminar personas, pero los fines perversos de esa actividad no pueden conseguir que el gas se comporte apartándose de las leyes de la física y de la química.

Todo el esfuerzo que se ponga en determinar los deberes éticos de los científicos, y de la sociedad con respecto a los logros de la ciencia, será poco. La ciencia actual exige una atención notable desde el punto de vista ético. Pero esto nada tiene que ver con algunos enfoques que insisten en las dimensiones sociológicas de la ciencia experimental de tal modo que niegan la objetividad que esa ciencia posee en su propio nivel.

d) *¿Existen objetivos fijos de la ciencia experimental?*

Frente a nuestra caracterización de la ciencia experimental, podría objetarse que, en realidad, no existen unos objetivos y unos métodos generales que sirvan para definirla, ya que los objetivos y métodos de la ciencia tienen un carácter histórico, contingente y cambiante.

Obviamente, somos nosotros quienes determinamos los objetivos de nuestras actividades. En este sentido, podría parecer que carece de sentido establecer de una vez para siempre los objetivos de la empresa científica, como si fueran independientes de nuestra voluntad y deseos, y no estuviesen sujetos a cambios

4. Cfr. B. LATOUR, *Science in action*, Open University Press, Milton Keynes 1987, pp. 153-157.
5. A. CHALMERS, *La ciencia y cómo se elabora*, Siglo XXI, Madrid 1992, p. 154.
6. Ibíd., p. 149.

históricos. Sin embargo, esta dificultad se soluciona si, por una parte, advertimos que la ciencia experimental existe como una empresa bien definida desde hace varios siglos, y por otra, distinguimos los objetivos que son constitutivos de la empresa científica en sí misma y los que vienen sobreimpuestos a ellos y dependen, por tanto, de circunstancias cambiantes. En la segunda categoría podemos enumerar, por ejemplo, el deseo de reputación, de provecho económico, de poder político o militar, o simplemente el placer que uno puede encontrar trabajando en la ciencia. Sin embargo, ningún trabajo será admitido por una comunidad de científicos a menos que combine los objetivos explicativo y predictivo del modo expresado por nuestra caracterización de la ciencia. De hecho, esta caracterización de la ciencia natural es un requisito mínimo que cualquier parte de la ciencia debe cumplir para ser admitida como científica por la comunidad de científicos.

Los filósofos de la ciencia discuten acerca de los objetivos de la ciencia experimental, especialmente porque algunos de ellos, viendo la importancia creciente de la tecnología en el progreso de la ciencia, dicen que, en lugar de distinguir entre la ciencia pura y la aplicada, deberíamos hablar hoy día de «tecnociencia» como un todo; subrayan que, de hecho, los científicos ya no son autónomos, porque sus objetivos y métodos dependen de factores económicos, políticos y militares. Desde luego, hay algo de verdad en esta posición, en la medida en que los experimentos científicos implican, con mucha frecuencia, tecnología sofisticada que requiere grandes cantidades de dinero, y el peso de los factores sociales en el desarrollo de la ciencia es, a veces, muy importante. Pero los científicos y los filósofos ordinariamente coinciden, al menos en la práctica, cuando deben decidir si algún conocimiento concreto cumple los requisitos mínimos para que pueda ser considerado como científico: y esos requisitos son una combinación del poder explicativo y del poder predictivo.

McMullin comenta al respecto: «Existen los objetivos *ideales* (también denominados explícitos o reconocidos), los objetivos que los científicos especifican expresamente como el fin de su trabajo. Y existen también los objetivos *actuales* que se encuentran incorporados en la actividad misma [...] Los objetivos ideales pueden descubrirse a través de lo que *dicen* los científicos, aunque puede existir considerable desacuerdo dentro de la comunidad científica respecto a ellos. Para discernir los objetivos actuales, debemos examinar lo que *hacen* los científicos, e intentar determinar, a partir de la estructura de la actividad misma, qué contaría allí como "éxito"»[7]. Nuestras consideraciones se centran en los objetivos a los que la ciencia experimental tiende por sí misma, a lo que se exige para que algo sea admitido por la comunidad científica, con independencia de otros objetivos personales o sociales, por mucha importancia práctica que puedan tener.

Chalmers califica como «estrategia positivista» el intento de «proporcionar una concepción general de los métodos y normas a los que apelar en tal defensa»

7. E. McMullin, «The Goals of Natural Science», cit., p. 43.

(de la ciencia), afirma que esas normas y métodos son históricamente contingentes, y añade que se llega a determinar cuál es la finalidad de la ciencia «de una manera pragmática, atendiendo a los tipos de leyes y teorías para cuyo establecimiento se han desarrollado métodos adecuados»[8]. Estas consideraciones son importantes. Ya hemos señalado que la ciencia experimental es el resultado de una evolución histórica, y que ni su existencia ni su progreso eran previsibles de antemano. En este sentido, la determinación de los objetivos generales de la ciencia experimental responde a una situación histórica contingente, que podía no haber existido y que continúa evolucionando.

Sin embargo, la ciencia experimental se ha consolidado a lo largo de cuatro siglos, de manera que, si bien sus objetivos y los correspondientes métodos están marcados por la contingencia histórica, tienen, al mismo tiempo, una consistencia muy notable, y es posible hablar de ellos como de algo que posee una realidad firmemente consolidada. Si la ciencia experimental, tal como la conocemos, evolucionará y aparecerán otras perspectivas desconocidas por el momento, es algo que no se puede predecir. Pero en la actualidad esa ciencia tiene unas características bien definidas, y resulta impensable que sus objetivos o sus métodos generales dejen, en algún momento, de poseer las características que poseen en la actualidad. Cuando algunos epistemólogos o sociólogos relativizan los objetivos de la ciencia experimental, suelen recurrir, para apoyar sus puntos de vista, a episodios históricos que se refieren al tránsito desde fases primitivas hasta estadios maduros de algunas disciplinas; en cambio, cuando hablamos aquí de los objetivos y métodos generales de la ciencia experimental, nos referimos a sus estadios maduros.

12.2. *Teoría y experiencia*

De acuerdo con lo ya visto, en la ciencia experimental existe una peculiar relación entre teoría y experiencia. Para delimitar mejor esa relación, vamos a analizar con más detalle el control experimental, así como la relación entre experimentación y experiencia.

a) *El control experimental*

En la ciencia experimental se exige que las teorías puedan someterse a control experimental, pero los grados y modalidades de ese control son variables, en función de la naturaleza de los problemas (que pueden estar más o menos próximos al nivel observacional), y de los conceptos e instrumentos disponibles en cada momento (una teoría que, en principio, puede ser sometida a control experimental, quizá no pueda serlo en la actualidad y sí, en cambio, dentro de cierto tiempo).

8. A. CHALMERS, *La ciencia y cómo se elabora*, cit., pp. 4, 7-8 y 11.

La flexibilidad del control experimental es especialmente notoria cuando se trata de grandes sistemas teóricos y de explicaciones acerca de sucesos o entidades muy alejadas de las posibilidades de observación inmediata. Son ejemplos de ello la teoría de la relatividad general, el modelo del Big Bang y la física de partículas. Junto a estos casos en los que se da un control experimental bastante indirecto pero riguroso, se encuentran otros en los cuales existe un control experimental muy inmediato, y, en la mayoría de los casos, se da una situación intermedia entre ambos extremos. Los conocimientos más descriptivos y seguros son indispensables como punto de partida de las teorías y desempeñan una función decisiva en la comprobación de las mismas, pero son las teorías que van mucho más allá de la experiencia las que permiten obtener conocimientos acerca de las causas profundas de los fenómenos observables.

Por tanto, las garantías que proporciona el control experimental varían, según los casos, entre dos extremos: la certeza que se alcanza mediante una descripción rigurosa de fenómenos observables (por ejemplo, la morfología de las células), y el simple apoyo experimental (como en el caso del modelo del Big Bang), dándose una amplia gama de posibilidades intermedias. Un caso intermedio típico es la ley física sobre la equivalencia entre la masa y la energía, fenómeno que tiene lugar en un nivel microfísico inobservable, pero que puede calcularse y realizarse técnicamente con gran precisión teórica y eficacia práctica.

No existe un control experimental que sea totalmente independiente de interpretaciones teóricas. En efecto, cualquier experimento supone un plan de acuerdo con el cual se realiza. Además, un mismo experimento puede admitir diversas interpretaciones. En definitiva, la valoración del control experimental de las teorías incluye suposiciones teóricas, y no es una mera consecuencia de los datos de observación.

El experimento es un método para interrogar a la naturaleza y obtener respuesta. La naturaleza sólo manifiesta a la experiencia ordinaria algunos fenómenos superficiales. Si se desea conocerla más a fondo, hay que interrogarla, y para ello es necesario utilizar un lenguaje común. El lenguaje de la naturaleza son los hechos; cuando Galileo decía que ese lenguaje eran las matemáticas y comparaba a la naturaleza con un libro escrito con caracteres matemáticos, expresaba de modo metafórico la importancia de las matemáticas para estudiar los aspectos cuantitativos de la realidad, pero se trata de una metáfora que no puede tomarse al pie de la letra. La naturaleza sólo responde con hechos, y por tanto hay que interrogarla también con hechos, interviniendo en el desarrollo de los acontecimientos naturales. En el experimento se estudia la relación entre los hechos-pregunta y los hechos-respuesta. Con ese fin, se producen las circunstancias adecuadas. El éxito de un experimento depende del plan que se sigue para provocar respuestas detectables a preguntas bien planteadas.

Para que las preguntas estén bien planteadas, hay que utilizar ideas, y lo mismo sucede cuando se registran los hechos-respuesta. En algunos casos sim-

ples, las ideas utilizadas serán elementales, pero en los estadios más avanzados de las ciencias, es necesario recurrir a interpretaciones basadas en teorías complejas. Además, deben establecerse las circunstancias que se estiman invariables, y determinarse cuáles son los factores variables que el experimentador manipula y los que constituirán la respuesta a sus preguntas, lo cual exige también emplear hipótesis interpretativas.

Por tanto, *el control experimental de las teorías científicas no es automático, sino que incluye importantes dosis de creatividad e interpretación*. Esto no disminuye lo más mínimo el rigor de la ciencia experimental; más bien indica que en la ciencia ponemos en práctica métodos muy sofisticados, que poco o nada tienen que ver con procedimientos automáticos.

Por otra parte, los experimentos científicos se sitúan en un contexto histórico. Son pasos concretos dentro de un desarrollo conceptual. Cuando tienen éxito, proporcionan nuevos conocimientos que, sin embargo, están sujetos a ulteriores interpretaciones.

Por consiguiente, *el control experimental no garantiza necesariamente la verdad de las hipótesis científicas*. Algunas hipótesis son susceptibles de estudio riguroso, pero es difícil demostrarlas experimentalmente de modo concluyente: esto sucede, por ejemplo, con procesos tales como la evolución cósmica y la biológica.

Por fin, es importante señalar que los experimentos desempeñan funciones muy diferentes en diversos contextos científicos. A veces se formula una teoría y sólo después se realizan experimentos para comprobarla, tal como sucedió con la relatividad general. En otras ocasiones, lo que se determina experimentalmente es la existencia de un fenómeno concreto. Existen otras funciones de los experimentos, lo cual es coherente con la gran versatilidad del método experimental, donde las relaciones entre teoría y experimento admiten posibilidades muy variadas.

b) *Experimentación y experiencia*

Para caracterizar más exactamente la ciencia experimental, debe examinarse qué relación existe entre la experimentación y la experiencia. Con frecuencia se afirma que la ciencia se basa en la experiencia o que, por el contrario, invalida las nociones que se obtienen mediante la experiencia ordinaria.

El término «experiencia» se utiliza en sentidos diversos. Por ejemplo, designa los conocimientos inmediatos, en los que se da un contacto directo entre el sujeto y la realidad conocida, tal como sucede en el conocimiento sensible; en este sentido, son experiencias las percepciones sensibles. Designa también los sucesos que tienen un impacto vital sobre los individuos concretos; éstos, gracias a las experiencias adquiridas, enriquecen sus conocimientos de un modo personal que, como ya advirtió Aristóteles, no siempre resulta fácilmente comunicable a otros.

En cualquier caso, el ámbito de la experiencia se relaciona con lo vivido personalmente, y se refiere al impacto que el conocimiento recibe de los hechos. El término «observación» se sitúa en esa misma línea, dando a entender que el sujeto recibe impresiones a partir de hechos que son independientes de su voluntad.

La experimentación es una actividad más específica. Supone una intervención activa en los procesos naturales, con objeto de obtener respuestas a las preguntas formuladas hipotéticamente, de acuerdo con un plan establecido. Es una actividad planeada que permite observar lo que sucede en condiciones específicas y controladas. Dado que las ciencias tales como la física, la química o la biología buscan conocimientos relacionados con el dominio controlado de los fenómenos, han de recurrir necesariamente a la experimentación: por este motivo, resulta adecuado denominarlas «ciencias experimentales». De este modo se evita, además, un inconveniente: considerarlas, de manera ingenua, como ciencias basadas en la simple observación y en la experiencia ordinaria, como si sus conocimientos se obtuviesen y justificasen simplemente razonando a partir de observaciones pacientemente recogidas y acumuladas. En realidad, la ciencia experimental requiere que se formulen conceptos y teorías que van mucho más allá de lo observable y que sólo se pueden comprobar mediante experimentos sutiles dirigidos también por teorías.

En la experimentación hay que utilizar la observación y la experiencia. Los resultados de un experimento deben ser registrados, y esto supone la observación de fenómenos. Y la observación sería imposible sin la percepción de señales sensibles. Además, cualquier experimento supone experiencias acerca de los instrumentos empleados, y la experiencia forma parte también de las interpretaciones que dirigen tanto la realización del experimento como la obtención de los datos. Todo ello resulta evidente en los experimentos inmediatamente relacionados con hechos empíricos, tales como los cambios de presión, volumen y temperatura y, en general, siempre que se estudian propiedades macroscópicas observables. Pero es igualmente válido cuando el experimento se refiere a realidades microscópicas inobservables.

Aunque la experimentación supone observaciones y experiencias, esto es sólo una cara de la moneda. En efecto, sucede en ocasiones que, como consecuencia de la investigación experimental, es necesario revisar ideas que parecían estar garantizadas por la observación y la experiencia ordinarias. En este sentido, con frecuencia se afirma que la ciencia corrige a la experiencia o al sentido común y que llega a invalidar convicciones que parecían firmemente asentadas. Henry Margenau lo ha expresado con estas palabras: «La física moderna es una recusación de la suficiencia universal del sentido común, y previene contra una aceptación demasiado fácil de lo que, según se dice, nos revelan los sentidos»[9].

9. H. MARGENAU, *La naturaleza de la realidad física*, Tecnos, Madrid 1970, pp. 50-51.

Esto resulta trivial si se tiene en cuenta que, mediante la ciencia experimental, se descubren aspectos de la realidad que no pueden conocerse mediante el conocimiento ordinario. Si se consideran de sentido común afirmaciones tales como la inmovilidad de la tierra o la estabilidad básica de las especies vivientes, entonces se dirá con razón que la ciencia llega a invalidar el sentido común. Este tipo de cuestiones han tenido cierta importancia en el pasado, cuando algunos filósofos proponían, frente a las ciencias, objeciones pretendidamente basadas en el sentido común.

Hay que distinguir, por una parte, las convicciones un tanto vagas atribuídas al sentido común, y por otra, los principios filosóficos que son ciertos y constituyen un presupuesto necesario de la actividad científica. La observación, la experiencia, el sentido realista del conocimiento, la causalidad en su acepción rigurosa desempeñan una función indispensable en la ciencia experimental, y no tiene sentido negar su valor como si el progreso científico nos forzara a hacerlo, ya que ese progreso sería imposible si esos supuestos no fueran válidos.

Los problemas mencionados tienen todavía otra raíz, más importante aún. En efecto, no se trata solamente de clarificar confusiones que surgen por malentendidos o extrapolaciones. La ciencia experimental representa un modo de plantear el conocimiento que se diferencia del ideal de la ciencia tal como fue concebido generalmente hasta el siglo XVII. En aquella época significó una novedad, tan difícil de asimilar que, de hecho, no se logró comprenderla de modo adecuado. El problema se ha arrastrado hasta la actualidad. Se trata de un problema histórico que se planteó de modo polémico desde el principio y que todavía no ha recibido una solución generalmente aceptada.

12.3. *Tipos de actividad científica*

La ciencia real es una actividad enormemente variada y compleja. Abarca disciplinas, métodos y resultados muy diferentes, que se encuentran en diversos grados de desarrollo en un momento determinado. Además, para obtener una imagen fiel de la ciencia, que pueda servir para nuestro análisis epistemológico, hemos de tener en cuenta que existen diferentes modalidades de la actividad científica. Las agruparemos en cuatro grandes tipos: la *investigación*, en la que se busca obtener nuevos conocimientos; la *sistematización* o síntesis de conocimientos ya adquiridos; la *transmisión* de los conocimientos, o sea, los modos de expresar los métodos y resultados científicos, y la *aplicación* o utilización de los conocimientos en vistas a resolver los problemas científicos.

Los cuatro tipos están relacionados entre sí y no son independientes, ya que la actividad científica constituye una unidad. Pero se trata de aspectos diferentes que tienen implicaciones características, cuyo análisis contribuirá a plantear los problemas epistemológicos en su contexto auténtico.

a) *La investigación científica*

Se habla aquí de la investigación como búsqueda de nuevos conocimientos, en un sentido semejante al que expresan los términos «invención» o «descubrimiento». Puede tratarse de conocimientos puramente teóricos, o experimentales, o de cualquier tipo intermedio. A título de ilustración, nos referiremos a la construcción de sistemas teóricos, de modelos particulares, a la formulación de leyes experimentales, y a la obtención de conocimientos particulares.

La *construcción de sistemas teóricos* tiene gran importancia, especialmente en la física matemática, y es más difícil en las ciencias, como la química y la biología, que se sitúan en un nivel de organización natural mayor. Estos sistemas proporcionan explicaciones unitarias de amplios ámbitos de fenómenos y predicen otros desconocidos. Una disciplina científica alcanza su madurez cuando se obtienen teorías generales; hasta ese momento, es un conjunto de conocimientos fragmentarios que carecen de unidad rigurosa. Los sistemas teóricos son el resultado de un largo proceso de descubrimientos experimentales, sucesivas conceptualizaciones y síntesis parciales.

La *construcción de modelos particulares* es necesaria porque los fenómenos naturales son demasiado complejos, y se debe recurrir a modelos simplificados en los que se representan algunos aspectos y se supone que los restantes no influyen en los problemas considerados o que permanecen constantes. Se trata de un recurso habitual, del que depende en gran medida el éxito de la investigación.

La *formulación de leyes experimentales*, que establecen relaciones entre magnitudes observables, representa el primer paso en la consolidación de una disciplina. Cuando se dispone de un cierto número de leyes experimentales, es posible sistematizarlas en una teoría general; en otras ocasiones, se pueden deducir nuevas leyes a partir de los sistemas teóricos.

Gran parte del trabajo científico consiste en la *obtención de conocimientos particulares*, que proporcionan la base empírica para la formulación y comprobación de leyes, modelos y teorías. En cierto sentido, son el aspecto más importante de la investigación, que depende totalmente del éxito de estos trabajos. Incluye una gran variedad de conocimientos concretos, tales como la *determinación de la existencia y naturaleza de entidades* y *de procesos*, la *confirmación experimental de teorías*, las *mejoras en la precisión instrumental* que permiten un conocimiento más preciso de las entidades y procesos.

La investigación teórica y la experimental no se dan aisladas, pues la una necesita de la otra: los nuevos datos exigen explicaciones teóricas, las nuevas teorías han de comprobarse experimentalmente, y siempre permanece la exigencia de que las construcciones teóricas deben poder relacionarse con el control experimental, el cual, a su vez, requiere el empleo de conceptos teóricos. Pero ambas modalidades de la investigación son parcialmente autónomas, ya que los conocimientos observacionales y las leyes experimentales conservan su validez sin que

su significado se agote en los sistemas teóricos que los engloban, y los desarrollos teóricos se plantean con frecuencia en un nivel muy alejado de las posibilidades actuales de observación.

b) *La sistematización y sus funciones*

Al formular los sistemas teóricos se desarrolla una actividad de sistematización de los conocimientos. La sistematización supone una unificación en la que se relacionan datos particulares, leyes experimentales y principios generales de modo que exista una conexión lógica entre ellos.

Se trata de una tarea necesaria, ya que los descubrimientos parciales y fragmentarios deben ser unificados si queremos conseguir síntesis amplias que permitan explicaciones más completas y demostraciones más rigurosas. Además, así se facilita el empleo de los conocimientos y se amplía el ámbito de posibles aplicaciones.

La sistematización desempeña cuatro importantes funciones en la ciencia. En primer lugar, tiene una *función heurística*: cuando se ordenan y relacionan entre sí los conocimientos fragmentarios, es más fácil deducir de ellos nuevas consecuencias, y de este modo se pueden obtener nuevos conocimientos. En segundo lugar, la sistematización tiene también una *función crítica*; en efecto, como exige que se hagan explícitos los principios básicos y la demostración de las consecuencias, facilita el examen del rigor lógico y de la validez de los principios y supuestos utilizados. Una tercera ventaja de la unificación sistemática es la *función explicativa*, relacionada con el objetivo cognoscitivo de la ciencia: cuando se consigue deducir un conjunto de leyes a partir de unos mismos principios generales, se alcanzan explicaciones más profundas. Finalmente, otra función de la sistematización es la *economía del pensamiento*, ya que los conocimientos disponibles pueden ser utilizados con mayor facilidad, ahorrando pasos intermedios que ya están expresados en la estructura del sistema; esta función es muy importante en la práctica, tanto que, quienes han propuesto interpretaciones instrumentalistas de la ciencia, negando su auténtico alcance cognoscitivo, han afirmado que la economía del pensamiento sería la única función de los sistemas teóricos.

Una modalidad especialmente importante de sistematización es la axiomatización, que consiste en proponer unos principios generales como axiomas básicos, de modo que los demás enunciados de una teoría se obtengan por deducción lógica a partir de tales axiomas. Son posibles diversos tipos de axiomatización según el tipo de axiomas básicos, los conocimientos disponibles y los intereses que predominen: por ejemplo, algunas teorías pueden axiomatizarse recurriendo a principios que vienen a ser generalizaciones empíricas, mientras que otras toman como puntos de partida axiomas muy teóricos.

La sistematización no es un fin, sino un medio. La actividad científica tiende a conseguir nuevos conocimientos, y para ello puede resultar ventajoso recurrir a las funciones heurística, crítica, explicativa y de economía del pensamiento que están implicadas en la sistematización. Sin embargo, no siempre es deseable conseguir formulaciones sistemáticas cuyo coste puede no ir acompañado por suficientes ventajas. A veces, la epistemología ha sido concebida como un intento de proporcionar «reconstrucciones racionales» de las teorías, pero tales reconstrucciones rara vez llegan a tener un interés real: en muchos casos, cuando se consigue obtener una axiomatización rigurosa, ya ha quedado desfasada por el posterior progreso científico.

La axiomatización total es prácticamente inalcanzable, excepto en algunos fragmentos de las teorías, ya que constantemente se añaden nuevos conocimientos. Incluso es dudoso que sea un ideal útil, puesto que implica una cierta abstracción de los problemas reales y conlleva el peligro de estancarse en un estadio que está destinado a ser superado.

c) *Transmisión del conocimiento científico*

Los contenidos teóricos, los resultados experimentales, y los métodos empleados en la obtención de ambos, se expresan en un determinado lenguaje. Es obvio que esto sucede en todos los casos, de modo que no se trata propiamente de una actividad independiente de las restantes actividades científicas. Sin embargo, es importante considerarla expresamente, ya que da lugar a peculiaridades que condicionan el modo de entender la ciencia.

En efecto, no existe un único modo de formular los métodos y los resultados. De hecho, se utilizan diversos estilos de exposición en las publicaciones especializadas, en los libros de texto y en la divulgación. Por tanto, cae por su base lo que puede denominarse la «imagen impersonal» de la ciencia, en la cual los métodos y resultados vienen concebidos de modo unívoco, excluyendo cualquier tipo de interpretación. Por el contrario, debe reconocerse que la ciencia está hecha por hombres, y que necesariamente sus contenidos están sujetos a interpretación.

La aceptación e interpretación de los contenidos científicos no es impersonal ni automática, lo cual es un hecho suficientemente comprobado en la historia de la ciencia. Sólo así se explican equivocaciones importantes, como el rechazo por parte de la revista *Nature* del artículo donde Enrico Fermi explicaba la desintegración beta, en 1933. Se trataba de un descubrimiento que, junto con otros de análoga importancia, provocó el desarrollo de la física nuclear. Sucesos de ese tipo resultan inexplicables si se piensa que las demostraciones científicas se formulan y aceptan de modo «impersonal».

Los libros de texto, destinados a la enseñanza, suelen adoptar un enfoque desproblematizado y ahistórico, incluyendo, en todo caso, alguna reflexión metodológica al comienzo, sin que esas reflexiones tengan importancia alguna en la

exposición de los resultados concretos. De hecho, el entrenamiento de los científicos consiste en una educación autoritaria que no suele tener paralelo en otros ámbitos, lo cual contribuye a fortalecer la convicción de que, en la ciencia experimental, los conocimientos se encuentran perfectamente demostrados o, cuando menos, sólidamente establecidos. En cierto sentido, esta situación puede favorecer el progreso de la ciencia, ya que facilita que los científicos se dediquen desde el primer momento a trabajar sobre bases concretas cuya validez se da por supuesta. Pero tiene peligros de cara a la resolución de problemas que caen fuera de lo ya admitido. Y, sin duda, constituye un obstáculo para la comprensión adecuada del valor de la ciencia en el ámbito de la opinión pública.

Por ejemplo, en relación con el evolucionismo, no es difícil encontrar exposiciones en las que se dan por resueltas cuestiones controvertidas, o se interpreta la evolución en clave materialista[10]. Cabría pensar que en estos casos se trata de extrapolaciones personales de los respectivos autores y que, por tanto, no implican a la ciencia como tal. Pero esos equívocos se encuentran en publicaciones de científicos que gozan de gran prestigio y, en muchas ocasiones, sólo un especialista en biología o en filosofía de la ciencia será capaz de detectarlos.

Vivimos en una civilización científica, que está modelada en gran parte por el progreso de las ciencias. Es sumamente importante, también desde el punto de vista ético, que los científicos y los divulgadores procuren ser rigurosos en sus formulaciones, tanto en el ámbito especializado como en el de la opinión pública.

d) *Aplicación de las teorías*

La aplicación de las teorías es su utilización para resolver problemas científicos. Cuando se considera la ciencia como un conjunto de conocimientos se tiene una visión estática que debe completarse con la perspectiva dinámica, o sea, con la actividad científica que se encuentra centrada en los problemas: las teorías surgen del intento de proporcionar explicación a problemas, en parte los resuelven y, al proporcionar nuevos conocimientos, provocan nuevos problemas que se encuentran en un terreno cada vez más profundo.

Evidentemente, los conocimientos científicos se aplican también en la tecnología. Sin embargo, la tecnología es un proceso diferente de las aplicaciones científicas: mientras que éstas van dirigidas hacia la obtención de nuevos conocimientos, en la tecnología utilizamos los logros científicos para conseguir objetivos prácticos, y para ello recurrimos también a procedimientos que no están proporcionados directamente por la teoría científica (reglas tecnológicas obtenidas de modo práctico).

10. Puede verse un análisis de estas cuestiones en: M. ARTIGAS, *Las fronteras del evolucionismo*, EUNSA, Pamplona 2005.

Aunque la frontera entre las aplicaciones científicas y las tecnológicas puede en ocasiones resultar borrosa, es importante distinguir los dos ámbitos, ya que sus objetivos y resultados son de naturaleza diferente. El éxito tecnológico no es una prueba concluyente de la verdad de las teorías. Ese éxito se consigue aplicando teorías científicas, pero hay que añadirles reglas tecnológicas que tienen un carácter más pragmático, y muchas veces, además, se prescinde de detalles de las teorías que no tienen relevancia de cara a sus aplicaciones tecnológicas.

Si tenemos en cuenta que las teorías científicas tienen sentido como instrumentos para resolver problemas, obtendremos una imagen de la ciencia en la que se combinan los aspectos dinámico y estático tal como se dan en la realidad. Se advierte que los resultados obtenidos tienen una validez contextual, esto es, relativa a contextos determinados de problemas y métodos. Que la validez sea contextual no equivale a un relativismo en el que se minusvalora el alcance cognoscitivo de la ciencia: de hecho, en la ciencia experimental se consiguen conocimientos auténticos. Pero la validez de esos conocimientos sólo puede apreciarse teniendo en cuenta a qué problemas se refieren y de qué modo los resuelven.

Estas consideraciones permiten comprender que, aunque una teoría sea falsada en un momento dado (sólo se requiere que exista algún enunciado observacional que la contradiga), esa falsación siempre será relativa a un contexto histórico concreto. Algo semejante cabe decir acerca de la comparación entre teorías; puede afirmarse la ventaja de una teoría sobre otra, pero ese juicio será contextual y no impedirá que el progreso ulterior permita alcanzar un punto de vista más amplio en el que se recojan aspectos de las diferentes teorías. Por fin, cabe también admitir que puedan darse teorías inconmensurables, siempre que, según los recursos disponibles, no puedan compararse mediante una base común. De nuevo, se tratará de una inconmensurabilidad relativa y contextual que, siendo auténtica, puede superarse posteriormente.

En general, la aplicación de las teorías requiere adaptaciones que tienen la forma de hipótesis auxiliares y reglas pragmáticas. Como ya se ha señalado, esto es obvio en el caso de las aplicaciones tecnológicas. Pero también sucede en las aplicaciones a problemas directamente científicos. Siempre hay una cierta distancia entre la teoría y las aplicaciones, puesto que la teoría proporciona enunciados generales y los problemas específicos incluyen condiciones singulares. No bastan las formulaciones teóricas sin más. Esto es bien conocido para cualquiera que haya realizado prácticas de laboratorio. Se trata de un aspecto que no puede olvidarse al proponer una imagen de la ciencia que realmente refleje la actividad científica tal como se da de hecho.

e) *La unidad de la actividad científica*

Los cuatro tipos de actividad científica se funden en una única actividad dentro de la cual predomina alguno de ellos, según los objetivos inmediatos que se persigan.

Las actividades de investigación (logro de nuevos conocimientos) a veces son consecuencia de las de sistematización, porque la unificación de conocimientos ya disponibles conduce a nuevas consecuencias y aplicaciones: es lo que se ha llamado «función heurística» de la sistematización. Guardan también una estrecha relación con las actividades de transmisión, ya que los nuevos conocimientos han de ser elaborados y presentados para su examen, difusión y enseñanza; por tanto, es necesario examinar en cada caso las modalidades de la transmisión para valorar debidamente los avances científicos. Por supuesto, se encuentran asimismo relacionadas con las aplicaciones intra-científicas, puesto que todo nuevo conocimiento expresa un intento de solucionar algún problema concreto y da lugar, en la medida en que lo consigue, a nuevos problemas.

Las actividades de sistematización, además de relacionarse con las de investigación mediante su función heurística, se relacionan con las de transmisión y aplicación a través de su función de «economía del pensamiento»: la transmisión es más clara y efectiva cuando se consigue una mejor sistematización de los conocimientos, y algo semejante cabe decir de las aplicaciones científicas.

La conexión de la actividad de transmisión con las otras tres es evidente, ya que consiste precisamente en transmitir los logros alcanzados mediante la investigación, la sistematización y las aplicaciones.

En cuanto a las aplicaciones científicas, en ocasiones forman parte, en sentido estricto, de las actividades de investigación, y siempre son aplicaciones de los conocimientos alcanzados por medio de dicha investigación. Por lo general, los conocimientos que se aplican han debido ser objeto previamente de cierta sistematización, y vienen dados siempre mediante actividades de transmisión.

Existe, pues, una pluralidad de aspectos dentro de la unidad de la actividad científica. Pero se encuentran íntimamente relacionados, de modo que, si bien son distintos, no es posible hacerse una idea adecuada de la ciencia prescindiendo de ninguno de ellos.

¿Qué puede decirse, en este contexto, acerca de la distinción habitual entre ciencia pura y aplicada? Si por «ciencia aplicada» se entiende la tecnología, ya se ha señalado que ésta utiliza criterios propios que no se deducen solamente de la ciencia. Por este motivo, parece preferible utilizar en este caso el término «tecnología» y no el de «ciencia aplicada». En cambio, si se habla de las «aplicaciones científicas», entonces nos referimos a uno de los cuatro tipos de actividad científica que se han examinado (al cuarto); si se prescindiera de este tipo de aplicaciones, no podría comprenderse la naturaleza de la ciencia experimental.

Por tanto, sería inadecuado aludir a una ciencia o investigación teórica como ciencia pura disociada de la ciencia experimental o aplicada. Por supuesto, muchas actividades tienen un carácter marcadamente teórico o experimental, pero unas y otras forman parte de la misma ciencia: unos conocimientos teóricos desconectados de la aplicación a problemas concretos no guardarían relación al-

guna con el control experimental y, por tanto, no formarían parte de la ciencia experimental, y unas aplicaciones que no se basaran en conocimientos teóricos serían meramente técnicas empíricas.

12.4. *El método científico*

Durante mucho tiempo, gran parte de los estudios dedicados a determinar la naturaleza y el alcance de la ciencia experimental se centraron en torno al método científico, dando por supuesto que existía un método peculiar cuya aplicación era la clave del éxito de la ciencia. En general, se afirmó que ese método es la *inducción*, que procede de lo particular a lo general: se comienza por los fenómenos o hechos observables y, a partir de las relaciones que se establecen entre ellos, se obtienen leyes y teorías de generalidad cada vez mayor. Sin embargo, es patente que muchas ideas científicas no se obtienen por inducción: basta pensar en los grandes sistemas teóricos, que se encuentran en un notable nivel de abstracción y no pueden obtenerse mediante generalizaciones a partir de los hechos. Por este motivo, en la época reciente se ha insistido en el método *hipotético-deductivo* como base de la ciencia; este método consiste en formular hipótesis que, en principio, no gozan de ninguna garantía, y en someterlas a control experimental: como las hipótesis suelen ser generales, hay que deducir de ellas sus consecuencias lógicas, que son las que se someten a control experimental (de ahí el nombre de «método hipotético-deductivo»).

Examinaremos más adelante ambos métodos, el inductivo y el hipotético-deductivo, con mayor detalle. Pero ya se puede anticipar que ninguno de los dos es un método automático, cuya aplicación produciría, sin más, resultados interesantes. Uno de los puntos de acuerdo en la epistemología contemporánea es que no existen métodos automáticos de ese tipo: siempre es necesario utilizar la *creatividad* y recurrir a *interpretaciones*. Esta es la idea primera que debe resaltarse cuando se habla del método de la ciencia experimental.

Es obvio que, en la ciencia experimental, ocupa un lugar central la experimentación, y en ese sentido puede hablarse del «método experimental» como característico de esas ciencias. Pero también desempeñan una función básica las construcciones teóricas. Hemos señalado que la ciencia experimental es una búsqueda de teorías que puedan someterse a control experimental. Esta definición es, a la vez, una descripción del método general empleado.

Para precisar más, hay que distinguir en el método científico dos procesos: uno ascendente, que conduce a la *construcción* de entidades teóricas (tales como conceptos, leyes y teorías), y otro descendente, que consiste en la *comprobación* de la validez de las construcciones teóricas. Se afirma en ocasiones que la comprobación es el único problema real, siendo irrelevante cómo se haya llegado a construir las teorías, y esto se expresa diciendo que el «contexto de descubrimien-

to» (cómo surgen las nuevas ideas) no afecta al «contexto de justificación» (cómo se evalúan esas ideas). Pero, si bien es cierto que el estudio psicológico de la creatividad no añadirá razones para justificar la validez de los conocimientos particulares, también lo es que existe otro sentido en el que la construcción de las entidades teóricas desempeña una función importante en vistas a la comprobación de su validez. En efecto, las construcciones teóricas responden a problemas concretos y se formulan para resolverlos; por tanto, el conocimiento de los procesos que conducen a su construcción es imprescindible para valorarlas adecuadamente.

Karl Popper solía utilizar el siguiente esquema para representar el esqueleto del «método» científico:

$$P_1 > TT_1 > EE_1 > P_2 > TT_2 >$$

En este esquema, el «problema» inicial (P_1) es el punto de partida. El trabajo científico siempre comienza con problemas. Existen problemas de tipos muy diferentes: hay problemas empíricos, que se encuentran muy próximos al nivel de lo observable; problemas teóricos, mucho más abstractos; y toda una gama de tipos intermedios. En cualquier caso, la regla básica del método científico es delimitar en qué consiste el problema que intentamos resolver. Sobre esa base, proponemos una «teoría tentativa» (TT_1) que pueda aportar una solución (aquí, «teoría» significa «hipótesis», sin más). A continuación evaluamos la hipótesis y, eventualmente, detectamos los errores que contiene y procedemos a la «eliminación de error» ($E E_1$), lo cual nos conduce a una nueva formulación del problema inicial, o sea, a un nuevo problema (P_2), y así sucesivamente. Popper rellenaba este esquema con sus ideas particulares acerca de la verificación y la falsación. Pero podemos prescindir, por ahora, de ellas, y retener el esquema como una indicación válida de varios puntos importantes: que no existe un método automático para obtener conocimientos interesantes; que, en consecuencia, debemos formular hipótesis que van más allá de lo que puede ser garantizado en el estado actual de nuestro conocimiento; que hemos de someter esas hipótesis a pruebas teóricas y empíricas; que el resultado de esas pruebas proporcionará indicaciones sobre la adecuación de nuestra hipótesis para resolver el problema inicial; que, si el problema no queda resuelto, al menos podremos avanzar y reformular el problema realizando un progreso.

En cualquier caso, queda claro que la ciencia gira en torno a la solución de problemas, y que, incluso cuando pensamos haber resuelto un problema, siempre podremos formular nuevas preguntas a partir de la nueva situación.

En definitiva, dando por supuesto que siempre partimos de algún problema que intentamos resolver, el esquema general del método científico se puede sintetizar mediante la combinación de la *construcción* de hipótesis explicativas y la *comprobación* de su validez, utilizando los recursos teóricos y empíricos disponibles. Además, de acuerdo con nuestra caracterización general de la ciencia experimental, la comprobación de la validez de las hipótesis siempre ha de incluir

una referencia al *control experimental*; esa referencia tendrá una fuerza lógica variable, de acuerdo con las posibilidades conceptuales y experimentales disponibles en cada momento, pero tiene que ser posible, al menos en principio, someter nuestras hipótesis al control experimental: en caso contrario, no tendrán cabida en la ciencia experimental.

13. Descubrimiento y justificación racional en la ciencia

Analizaremos ahora con mayor detalle los diferentes aspectos del método de la ciencia experimental.

13.1. *Los principios de la ciencia*

Según la concepción clásica, la ciencia se debe apoyar en unos *principios* que son verdades fundamentales, evidentes por sí mismas, que sirven como base para las demostraciones de la ciencia.

No nos detendremos aquí a examinar los *principios filosóficos*, tales como los principios de no contradicción, de identidad, y de tercero excluido, que pueden considerarse a la vez como *principios metafísicos* y *principios lógicos*, o los principios de causalidad y de finalidad, que son *principios metafísicos*. Desempeñan un papel muy importante en la fundamentación de la filosofía y, a través de ella, en todos los ámbitos del conocimiento humano. Las ciencias particulares suponen su validez. Esos *primeros principios*, y muy en particular el principio de no contradicción, se encuentran en la base de todas las ciencias.

Las verdades metafísicas fundamentales, si se encuentran formuladas de modo correcto, están implícitamente presentes en el desarrollo de las ciencias particulares. En efecto, en la medida en que expresan leyes generales del ser o de sus aspectos básicos, actuan como supuestos de los conocimientos particulares.

En la ciencia experimental, la noción de «principio» ha perdido la fuerza que tenía en épocas anteriores. Todavía Newton mantenía la idea de principio cuando tituló su obra principal como *Principios matemáticos de la filosofía natural*. El sucesivo desarrollo de la ciencia experimental ha llevado consigo una cierta ambigüedad en el uso de esa noción. Se utiliza para designar a los tres «principios de la termodinámica», que vienen a ser tres leyes fundamentales cuya validez se extiende a toda esa disciplina científica. También se usa al hablar de los «principios de conservación»; se trata de leyes muy generales que resultan muy útiles precisamente por su generalidad: por ejemplo, según el principio de conservación de la masa y la energía, la suma de todos los tipos de masa y energía al comienzo de un proceso debe ser igual a la misma suma al final del proceso, de modo que podemos efectuar cálculos muy útiles que, de otro modo, serían

impracticables. En microfísica, el «principio de indeterminación» formulado por Heisenberg, establece que si intentamos medir simultáneamente los valores de dos magnitudes conjugadas, como la posición y el momento de una partícula, la precisión que podemos alcanzar tiene un límite, de modo que el producto de las indeterminaciones en la medición de esas dos magnitudes es igual o mayor que una cantidad constante. Y, también en la microfísica, el «principio de exclusión» de Pauli establece que en un mismo sistema no puede haber dos fermiones (partículas de espín semi-entero, como el electrón) que tengan los mismos valores en sus números cuánticos; de acuerdo con este principio, los electrones que se encuentran alrededor del núcleo de cualquier átomo, se distribuyen en sucesivas capas que tienen estructuras predeterminadas, y como las características físicas y químicas de los cuerpos dependen en gran parte de esa distribución de electrones, el principio de Pauli tiene como resultado que en la naturaleza existen muchos tipos de orden tal como de hecho los vamos conociendo mediante el progreso de las ciencias.

Es fácil apreciar que el uso del término «principio» en la ciencia experimental no sigue una pauta fija, aunque los «principios» mencionados son enunciados muy generales que pueden considerarse como base de muchos otros conocimientos [11].

De otro modo, podemos hablar de «principios» en las ciencias para referirnos a *supuestos*, o sea, a ideas o enunciados que se presuponen en las ciencias, sin discutirlos, y que sirven como base de todo el trabajo científico o de alguna disciplina particular. Entre ellos tienen especial importancia los *supuestos generales* de toda la actividad científica: en el nivel *ontológico*, se supone que existe un *orden natural* que la ciencia busca conocer con detalle; en el nivel *epistemológico*, se supone que tenemos la capacidad de progresar en nuestro conocimiento del orden natural, mediante razonamientos y experimentos; y en el nivel *ético*, se supone que los objetivos generales de la ciencia representan valores que merecen ser buscados. La ciencia experimental no tendría sentido ni podría existir si no se admitieran implícitamente estos supuestos; sin embargo, su estudio es una tarea propiamente filosófica. Ya hemos mencionado que el estudio de la retroacción del progreso científico sobre esos supuestos proporciona un importante puente para conectar la ciencia experimental con la filosofía y con la teología.

13.2. *El método axiomático y deductivo en las ciencias*

El método axiomático consiste en formular una teoría como un sistema de enunciados en el cual algunos de ellos, que se denominan *axiomas*, se consideran

11. Se encuentra un análisis del uso antiguo y moderno del concepto de «principio» en la ciencia experimental en: C. DILWORTH, *Laws, Theories and the Principles of Science*, Department of Philosophy, University of Uppsala, Uppsala 1990.

como proposiciones primitivas que no necesitan prueba y sirven como fundamento a todas las demás, que se obtienen mediante *deducciones lógicas* a partir de los axiomas. Cuando los axiomas no son evidentes y son aceptados a título de hipótesis cuyo valor debe ser confirmado por sus consecuencias, reciben el nombre de *postulados*.

Ese método fue usado desde la antigüedad, especialmente en la geometría de Euclides, cuya obra *Los elementos* data aproximadamente del año 300 antes de Cristo. En la época de la revolución científica del siglo XVII, esa obra representaba el ideal al que había que aspirar para alcanzar un auténtico rigor. De hecho, Newton presentó sus dos grandes obras, los *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687) y la *Óptica* (1704) siguiendo el método axiomático. Los *Principios* comienzan con ocho «definiciones» seguidas de un Escolio, a continuación se formulan los tres «axiomas» o leyes del movimiento, y después se encuentran las demostraciones construidas sobre esa base. La *Óptica* comienza con ocho «definiciones» y ocho «axiomas», seguidos de las proposiciones y demostraciones. Por tanto, lo que era al comienzo un método usado en las ciencias formales (en la geometría), se extendió también a la ciencia experimental.

El uso de ese método en la época moderna ha sido abundante. Hasta el siglo XIX, pareció que los dos ejemplos mencionados, la geometría de Euclides y la física de Newton, constituían edificios definitivos, que se podían ampliar pero no cambiar en lo fundamental. Pero fue precisamente la discusión del quinto postulado de Euclides lo que llevó, en el siglo XIX, a la construcción de las geometrías no-euclídeas. Cuando se vio que esas geometrías eran consistentes y tenían tanto derecho a existir como la euclídea, se abrieron nuevos horizontes para la aplicación del método axiomático de modo creativo, y esta actitud se reforzó cuando, a comienzos del siglo XX, se comprobó que tampoco la física de Newton era la última palabra: la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica mostraron que, aunque la física de Newton conservaba su validez en los ámbitos en los que estaba bien comprobada, era necesario formular nuevas teorías para estudiar otros ámbitos como la microfísica y los fenómenos en los que intervienen grandes velocidades.

Estas revoluciones científicas, unidas al desarrollo de la lógica matemática, llevaron al auge del método axiomático, que en la primera mitad del siglo XX se convirtió, en muchos sectores científicos, en el modelo que debía seguir la ciencia. Era patente el influjo de David Hilbert y su escuela. Ahora se subrayaba, además, la libertad en la elección de los axiomas o postulados básicos: esa libertad sólo vendría limitada por la necesidad de conseguir un sistema coherente y, en el caso de las ciencias experimentales, se añadía la necesidad de establecer correspondencias entre el formalismo teórico y la experimentación[12]. El auge del for-

12. Cfr. E. AGAZZI, «Las teorías deductivas y el método axiomático», en *Temas y problemas de filosofía de la física*, cit., pp. 119-127.

malismo en la ciencia experimental coincidio con el auge del neopositivismo y del empirismo, que aspiraban a presentar las teorías científicas como sistemas teóricos completamente rigurosos desde el punto de vista lógico, que se relacionaban con la experiencia a través de «reglas de correspondencia». En esta perspectiva, las construcciones teóricas eran consideradas como el resultado de la aplicación de una lógica rigurosa mediante la cual se ascendía, utilizando la inducción, desde la experiencia sensible hasta los niveles conceptuales más altos, y la comprobación de la validez de las teorías consistía en una verificación empírica, en la cual se comprobaba la verdad de las consecuencias de la teoría mediante la experiencia.

Sin embargo, el programa empirista fracasó, tanto en su aspecto constructivo y ascendente (inducción) como en la justificación deductiva y descendente (verificación). Esto no afecta al ideal de la axiomatización; sólo muestra que la aplicación del método axiomático no permitía justificar el programa empirista.

La epistemología posterior, a partir de la década de 1960, ha subrayado la importancia de los factores conceptuales e históricos en la ciencia. Por consiguiente, el ideal axiomático ha perdido gran parte de su atractivo. Sin embargo, se trata de un ideal que siempre mantendrá una cierta vigencia, porque favorece el rigor lógico. Puede recordarse lo que hemos dicho al hablar de las funciones de la sistematización en la ciencia, que son muy importantes, y acerca de sus límites: la sistematización, y por tanto la formalización en cualquiera de sus modalidades, incluida la axiomatización, es sólo un medio, nunca un fin, y siempre encontará límites que impedirán su realización perfecta y definitiva, pero cumple unas funciones que siempre tendrán interés.

13.3. *Los métodos inductivos y experimentales en las ciencias empíricas*

Tradicionalmente la ciencia experimental se denominó *ciencia inductiva*, para subrayar que la «inducción» era el método privilegiado que permitía a la ciencia experimental, y sólo a ella, construir un edificio sólido a partir de la experiencia.

La inducción es el paso de lo particular a lo general. Según la perspectiva recién mencionada, la ciencia procede de acuerdo con el método inductivo: comienza con la observación de hechos, prosigue esa observación hasta que se consigue establecer relaciones entre las diferentes observaciones, y así se llega a formular leyes que correlacionan fenómenos observados. Las generalizaciones son, al principio, de bajo nivel, o sea, muy próximas a los hechos observados. Pero, al continuar ese proceso, se obtienen leyes cada vez más generales. Cuando ya disponemos de algunas leyes muy generales, procedemos a formular teorías que sintetizan los conocimientos obtenidos mediante las leyes. Se llega así a una imagen de la ciencia como una pirámide en la cual, a partir de los hechos, se

van subiendo escalones que son leyes cada vez más generales, obtenidas por inducción.

Se caracterizó a la ciencia experimental por el empleo del método inductivo gracias, en parte, al influjo de Bacon y de Newton. Cuando comenzaba el desarrollo moderno de la nueva ciencia, Francis Bacon afirmó, en su *Novum Organum* de 1620 (donde presentó el nuevo tratado del método que debería sustituir al *Organon* de Aristóteles), que el aspecto fundamental del método científico era la inducción; sólo así se podrían evitar las especulaciones inútiles de los antiguos y establecer una ciencia sólidamente basada en los hechos y capaz de conducir a predicciones. Según Bacon, el método de la ciencia consiste en «hacer salir de la experiencia las leyes generales», para lo cual se precisa contar con una base suficientemente amplia de hechos; ahora bien, como la cantidad de hechos es tan vasta y variada, es preciso utilizar procedimientos que ayuden a relacionar los hechos (se trata de sus famosas tablas de presencia, de ausencia y de grados). Pero, prosigue Bacon, «a pesar de tales auxilios, el espíritu, abandonado a sí mismo y a sus libres movimientos, es impotente e inhábil para descubrir las leyes generales; es preciso regularlo y prestarle socorros. He aquí por qué en tercer lugar, es preciso emplear una *inducción* legítima y verdadera, que es en sí misma *la clave de la interpretación*» [13].

En la epistemología contemporánea, se ha insistido en ideas contrarias a las de Bacon. Aunque no hayan faltado defensores de la «lógica inductiva», por lo general se han subrayado las dificultades de la inducción, afirmando que las nuevas teorías, sobre todo las más importantes y profundas, son creaciones libres del espíritu humano. Sin duda, es necesario contrastar empíricamente esas teorías, pero no por eso dejan de tener la marca de una creatividad que alcanza cotas muy altas en la ciencia experimental.

Después de afirmar el papel central de la inducción en la ciencia, Bacon explica sus tablas de presencia, de ausencia y de grados, y prosigue diciendo: «El servicio y obra de estas tres tablas es lo que nosotros tenemos costumbre de llamar la *comparecencia de los hechos ante la inteligencia*. Lograda esta *comparecencia*, se debe trabajar por la *inducción*» [14].

Aunque el método que propone Bacon es básicamente erróneo, suena como si fuera verdadero. Parecía lógico atribuir el éxito de la nueva ciencia a la inducción que procede metódicamente desde los hechos hasta las leyes generales. Además, Isaac Newton, en las breves consideraciones que dedicó al método científico, afirmó expresamente que la ciencia procede por inducción. Así, la cuarta de sus *Reglas para filosofar* dice: «En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a par-

13. F. BACON, *Novum Organum*, libro segundo, aforismo X (Porrúa, México 1985, p. 92).
14. Ibíd., aforismo XV (ed. cit.., p. 105).

tir de fenómenos [...] Hemos de seguir esta regla para que el argumento por inducción no pueda ser eludido por hipótesis»[15]. Además, Newton no se limitó a proponer una reflexión metodológica abstracta; afirmó que, de hecho, sus grandes logros fueron obtenidos utilizando la inducción: «En esta filosofía las proposiciones particulares se infieren a partir de los fenómenos, para luego generalizarse mediante inducción. Así se descubrieron la impenetrabilidad, la movilidad, la fuerza impulsiva de los cuerpos, las leyes del movimiento y de gravitación»[16].

La apreciación de Newton no es exacta. Él no pudo obtener por inducción las leyes del movimiento ni la ley de la gravedad: nadie hubiera podido hacerlo, porque no existe método inductivo alguno que permita realizar esa tarea. Sin embargo, debido al prestigio de Newton, y también a que la inducción tiene varios sentidos y algunos de ellos desempeñan una cierta función en la ciencia experimental, durante siglos se ha afirmado que la ciencia experimental se caracteriza por el recurso a la inducción. Uno de los autores más importantes de la epistemología del siglo XIX, William Whewell, acabó en 1837 una extensa obra titulada *Historia de las ciencias inductivas*, y la utilizó como base de su *Filosofía de las ciencias inductivas*, de 1840 (aunque no reduce la inducción a un método automático para obtener conocimientos). Y los neopositivistas del Círculo de Viena, en pleno siglo XX, concedieron una gran importancia a la inducción como método científico: en este caso, se encontraban influidos por su filosofía empirista, ya que la inducción parece ser el modo adecuado para defender el empirismo.

En realidad, los grandes logros de la ciencia experimental no pueden atribuirse a la inducción, entendida como simple generalización a partir de los hechos: esos logros exigen mucha creatividad e interpretación, algo muy distinto de la aplicación cuasi rutinaria de un método de generalización. Sin embargo, al subrayar este hecho, la epistemología contemporánea quizás ha ido demasiado lejos. *La inducción no lo es todo, pero existe y tiene su importancia*. Explicaremos ahora *cinco sentidos de la inducción en la ciencia experimental*.

Recordemos que la inducción consiste en remontarse desde los casos particulares hasta conceptos y enunciados generales. En este *primer sentido*, cualquier tipo de conocimientos se basa en la inducción, ya que los datos sensibles son concretos y, en cambio, las ideas y los enunciados que se construyen con ellos son universales y abstractos. En la medida en que la actividad científica utiliza los recursos del conocimiento ordinario, cosa que sucede constantemente, utiliza la inducción. Por ejemplo, se supone que conceptos como longitud, distancia, tamaño, movimiento, cuerpo, etc., tienen sentido, y que lo mismo sucede respecto a enunciados tales como «los cuerpos tienen tamaño, se mueven, etc.», o «este cuerpo ocupa tal posición y tiene tal velocidad». Las dificultades filosófi-

15. I. Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Reglas para filosofar, Regla IV (Editora Nacional, Madrid 1982, p. 659).
16. Ibíd., Escolio general (ed. cit., p. 817).

cas planteadas por el empirismo, según el cual nuestro conocimiento sólo es válido si se reduce a los datos empíricos concretos, son irrelevantes para la ciencia, ya que el empirismo radical privaría de sentido a toda la actividad científica, que se apoya en una dosis mínima de realismo filosófico. La consecuencia lógica del empirismo sería negar el valor de todo el conocimiento científico alcanzado hasta la fecha y prohibir que se continuase trabajando en la ciencia. Algo semejante sucede con otras perspectivas filosóficas según las cuales sólo sería legítimo hablar acerca de nuestras percepciones subjetivas, estados de conciencia, etc.; la ciencia experimental, de acuerdo con el buen sentido, admite que existe una realidad exterior y que tenemos la capacidad de conocerla y de actuar sobre ella. Por consiguiente, dejaremos de lado tales doctrinas, porque además de ser defectuosas desde el punto de vista filosófico, son incompatibles con la existencia de la ciencia experimental.

En un *segundo sentido*, la inducción se relaciona con el supuesto de que la naturaleza se comporta de modo uniforme en igualdad de circunstancias. También se trata de un supuesto básico de la actividad científica. Si se niega, no tendría sentido hablar de experimentos repetibles, ni, por tanto, trabajar experimentalmente. En efecto, lo que se pretende al realizar un experimento es averiguar cuál es el comportamiento de los entes naturales en circunstancias determinadas, y establecer sobre esa base relaciones constantes entre las variables que se estudian, lo cual sería imposible si no se admitiera que, al repetirse el experimento en las mismas circunstancias, se obtendrán los mismos resultados. Se trata, de nuevo, de un supuesto que no puede ser demostrado mediante el método de la ciencia experimental, pero cuya validez viene corroborada por los resultados de la investigación. Desde luego, la uniformidad del comportamiento de la naturaleza no equivale al determinismo de la física clásica, según el cual sería posible obtener leyes científicas que permitan prever con toda exactitud cualquier acontecimiento futuro si se conocen las condiciones iniciales. Tampoco equivale a afirmar una estabilidad de la naturaleza que excluya cualquier cambio en su comportamiento. En definitiva, el conocimiento científico siempre es parcial, y esto ya bastaría para reconocer que el determinismo absoluto y la universalidad completa de las leyes científicas son temas que caen fuera de lo que el método experimental puede establecer. Sin embargo, necesariamente debe suponerse que todo lo que sucede tiene una causa real, puesto que si esto no se admite, siempre se podrían postular comportamientos arbitrarios y se desvanecería el sentido de cualquier explicación y predicción.

Por tanto, estos dos sentidos de la inducción son imprescindibles para el trabajo científico, y forman parte de los supuestos filosóficos de la ciencia.

Existe un *tercer sentido*, que se relaciona de modo mucho más directo con la investigación. Se trata de la inducción considerada como una inferencia que permite, a partir del conocimiento de determinados fenómenos, afirmar la existencia de su causa. La cuestión que se plantea en este caso es la siguiente: ¿exis-

ten demostraciones lógicas que permitan establecer las causas desconocidas a partir de sus efectos conocidos? Francis Bacon y John Stuart Mill propusieron esquemas de ese tipo de demostraciones. Los argumentos son similares, bien se trate de las tablas de presencia, ausencia y grados de Bacon, o de los cánones de Mill. Se trata de averiguar cuál es la condición necesaria y suficiente de un fenómeno. La condición necesaria deberá darse siempre que se presente el efecto; la condición suficiente provoca que se produzca el fenómeno, aunque también puede darse éste sin aquella condición; la condición necesaria y suficiente significa que el fenómeno se producirá siempre que se dé la condición, y sólo si se da. El estudio empírico permite determinar en qué casos concretos existe una relación entre la presunta causa y el efecto, examinando en detalle qué sucede en los diferentes casos: si siempre que se da el efecto está presente la hipotética causa, si siempre que se da esa causa también se da el efecto, etc.

Desde el punto de vista de la pura lógica, mediante este método no pueden establecerse demostraciones concluyentes. El motivo es simple: para que el argumento fuese demostrativo, se requeriría saber que se han examinado todas las posibilidades. Pero esto es imposible: siempre cabe objetar que pueden existir causas desconocidas. Es interesante advertir que este era el argumento que el Papa Urbano VIII enfrentaba a las pruebas de Galileo a favor del heliocentrismo, incluso a cualquier prueba posible: argumentaba que no se podía afirmar la causa a partir del efecto físico, como si hubiera una relación necesaria entre la causa y el efecto, porque esto limitaría la omnipotencia de Dios. Una versión secularizada de este argumento está de moda en la epistemología contemporánea. Pero si se toma en serio esa posición y se es consecuente, fácilmente se acabaría negando la posibilidad y el valor de la ciencia.

De hecho, no puede subestimarse la importancia del método inductivo. Por ejemplo, sirvió a Faraday para probar que las diversas manifestaciones de la electricidad se debían a una misma causa[17]. Cuando posteriormente se descubrió que la electricidad se debe al flujo de electrones, quedó patente por qué coincidían los efectos de los diversos fenómenos eléctricos, y la conclusión obtenida mediante inducción recibió un apoyo decisivo.

Puede decirse que la inducción, en este tercer sentido, proporciona demostraciones que no son completamente concluyentes desde el punto de vista lógico, pero esas demostraciones, en determinadas circunstancias, permiten afirmar con suficiente seguridad la validez de la conclusión si se tiene en cuenta el contexto real en el que se plantean los problemas. En definitiva, no es posible deducir de modo puramente lógico la realidad de una causa a partir de efectos concretos, pero esto sólo significa que la inferencia inductiva no se reduce a los procedimientos de la lógica deductiva, sin que ello impida que la inducción, en el senti-

17. Cfr. R. HARRÉ, *Grandes experimentos científicos*, cit., pp. 171-178.

do que ahora se considera, sea relevante para conseguir los objetivos de la ciencia experimental.

En filosofía, suele denominarse demostración *quia* a la que llega a la causa a partir de sus efectos, distinguiéndola de la demostración *propter quid*, que prueba el efecto una vez conocida la causa. Sobre la base del principio de causalidad, la demostración *quia* permite establecer con certeza, en determinados casos, qué tipo de causa debe admitirse para explicar los efectos: por ejemplo, el conocimiento y la libertad que posee el ser humano requieren que exista una naturaleza humana proporcionada a esas dimensiones que no se reducen al ámbito material, de donde se concluye la existencia del alma espiritual; también, la existencia de los entes limitados que componen el universo remite a Dios como causa de su ser. En la ciencia experimental permanecemos en el nivel material, y las demostraciones lógicas inductivas no son concluyentes, aunque pueden ser suficientes en muchos casos.

En un *cuarto sentido*, la inducción equivale a una extrapolación, o sea, a la suposición de que los datos disponibles sobre un problema pueden completarse de acuerdo con una pauta coherente. Pero es evidente que, en este caso, no existe ningún tipo de argumento lógico. Se trata sólo de un recurso, frecuente en la ciencia experimental, que equivale a la formulación de hipótesis cuya validez deberá ser comprobada.

Por fin, y es el *quinto sentido*, en ocasiones se considera a la inducción como el estudio de una colección de datos particulares, del cual surgirían las leyes y teorías científicas. No puede subestimarse la importancia de tales estudios. Sin embargo, es imposible obtener leyes y teorías utilizando sólo hechos y lógica. Desde el primer momento, en la formulación de las leyes y teorías intervienen construcciones teóricas. Por ejemplo, mediante balanzas y pesas no puede determinarse si la masa es una magnitud escalar y cómo se relaciona con el peso; apenas se obtendrá algo de interés para la física, a menos que se utilice la segunda ley de Newton y la ley de la gravedad; por tanto, toda una teoría de la mecánica. La suma de datos empíricos es insuficiente para definir una magnitud. La medición sólo es significativa si se dispone de teorías para construir los instrumentos e interpretar los datos. Y las teorías no se obtienen por mera generalización inductiva de casos particulares. Por consiguiente, de la simple observación o recolección de datos empíricos, no se obtienen leyes generales ni teorías. En este sentido, la ciencia experimental no procede mediante un presunto método inductivo que permitiera obtener los enunciados científicos a partir de datos empíricos sin utilizar interpretaciones.

13.4. *El método hipotético-deductivo*

Cuando se estudia un problema cualquiera, el camino lógico para encontrar soluciones consiste en formular hipótesis acerca de la posible solución y compro-

bar si esas hipótesis están de acuerdo con los datos disponibles. Se utiliza este procedimiento constantemente, tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica. Las diferencias en su utilización dependen de que los problemas puedan resolverse mediante hipótesis empíricas, muy próximas al nivel observacional (que es lo que suele suceder en la vida ordinaria), o exijan la formulación de hipótesis más abstractas, que en el caso extremo son sistemas teóricos (que es lo que sucede en las ciencias).

La estructura lógica del método es la misma en todos los casos: la validez de las hipótesis depende de que se consiga comprobar la validez de las consecuencias que de ellas se deducen. Y esta estructura lógica implica que *nunca puede demostrarse estrictamente la verdad de las hipótesis mediante el método hipotético-deductivo, mientras que, por el contrario, es posible demostrar su falsedad*. En efecto, una misma consecuencia puede ser deducida a partir de diferentes premisas, de modo que la comprobación de la validez de las consecuencias no implica lógicamente que las premisas sean correctas. En cambio, si se comprueba que una sola consecuencia es falsa, se sigue que hay algún error en las hipótesis que han servido de premisas para deducirla. Se trata de la *asimetría lógica entre verificación y falsación*, que ocupa un lugar central en la epistemología contemporánea, en buena parte debido a la influencia de Karl Popper.

Las referencias a esta cuestión son constantes en las obras de Popper. Anteriormente Pierre Duhem ya había subrayado la imposibilidad de proporcionar demostraciones lógicas estrictas de las construcciones teóricas. Más aún: al considerar el método de la física matemática, Duhem negó que las hipótesis pudieran refutarse de modo concluyente. El punto sobre el que Duhem insistió especialmente es que las construcciones teóricas de la física no pueden siquiera ser refutadas experimentalmente de modo decisivo, criticando así la idea del «experimento crucial» de Francis Bacon, o sea, un experimento que permitiría decidir de modo concluyente cuál de dos hipótesis alternativas es la correcta[18].

También este punto ha sido subrayado en la epistemología actual. El motivo es que, si bien podrían darse refutaciones estrictas si se considera la cuestión desde una perspectiva puramente lógica, las construcciones teóricas contienen aspectos conceptuales que no se reducen a la suma de hechos y lógica.

Sin embargo, *es posible conseguir refutaciones válidas*. Para ello se necesita disponer de construcciones teóricas en las que se utilicen recursos teóricos y criterios empíricos bien establecidos. Evidentemente, la validez de las refutaciones depende de la validez de los supuestos adoptados: *siempre se trata de una re-*

18. Cfr. P. DUHEM, *La théorie physique. Son objet. Sa structure*, cit. El capítulo VI de la 2.ª parte está dedicado al tema «La teoría física y la experiencia» (p. 273). En ese capítulo, el apartado II se dedica a mostrar que «una experiencia de física nunca puede refutar una hipótesis aislada, sino sólo todo un conjunto teórico» (p. 278), y el apartado III se titula: «El experimento crucial es imposible en física» (p. 285).

futación contextual, que ha de interpretarse en el contexto de los medios teóricos y empíricos disponibles, y no de una refutación absoluta que sería independiente de cualquier contexto. Pero con frecuencia se consigue establecer sólidamente ese tipo de contextos, tal como lo muestra el desarrollo de las ciencias experimentales.

Por supuesto, si las refutaciones son contextuales, nunca serán definitivas. Siempre será posible construir los objetos científicos de modo más preciso o redefinirlos adoptando nuevas perspectivas. Sólo afirmamos que, a pesar de las dificultades lógicas que aparecen cuando se intenta lograr refutaciones concluyentes, de hecho, se pueden construir contextos válidos en los cuales es posible obtener refutaciones válidas.

El caso es más difícil cuando consideramos las *demostraciones positivas o verificaciones*, ya que entonces no basta disponer de un contexto bien establecido: aunque se obtengan enunciados observacionales válidos en ese contexto, siempre es posible formular diversas teorías que los expliquen. De todos modos, la dificultad disminuye cuando lo que se intenta comprobar son enunciados próximos al nivel observacional. Por ejemplo, una ley experimental puede ser comprobada con facilidad, puesto que relaciona magnitudes estrechamente ligadas a los procedimientos experimentales. En tales casos, puede decirse que se da una verificación o demostración experimental, que, desde luego, será contextual, en el sentido de que su validez depende de los supuestos aceptados. La dificultad mayor surge cuando se intenta verificar un sistema teórico que incluye conceptos y enunciados que se encuentran alejados del nivel observacional. *¿Existen criterios que permitan juzgar la validez de las hipótesis generales?*

Señalaremos a continuación *cinco criterios* que, de hecho, se utilizan en la práctica científica, y que pueden aplicarse tanto a las hipótesis de bajo nivel (próximas a la experiencia) como a las de nivel alto (sistemas teóricos). Su fundamento es el siguiente: *cuantas más consecuencias de tipos distintos se confirmen experimentalmente, podemos confiar más en las hipótesis de donde se deducen, sobre todo si se trata de predicciones precisas y que no se conocían anteriormente*. En efecto, no sólo cuenta la cantidad de pruebas, sino su calidad: muchas veces tiene más peso una sola prueba que sea suficientemente específica.

Un primer criterio es *el poder explicativo*, o sea, la capacidad de las hipótesis para dar razón de los problemas planteados y de los datos disponibles. Por ejemplo, la estructura en doble hélice del ADN explica la conservación y la transmisión del material genético de modo satisfactorio, y por tanto resulta lógico que ese modelo fuese admitido inmediatamente cuando fue propuesto en 1953. En el nivel de los sistemas teóricos, un argumento en favor de la validez de la teoría de la relatividad y de la mecánica cuántica es que permiten obtener los resultados de la mecánica clásica cuando se establecen los supuestos correspondientes; en efecto, cuando se consideran objetos que se mueven a velocidades muy pequeñas comparadas con la velocidad de la luz y que están dotados de masas relativamen-

te grandes, de esas teorías se obtienen las fórmulas ya conocidas de la mecánica clásica, cuya validez en muchos ámbitos está bien comprobada.

El segundo criterio es *el poder predictivo*. En cierto modo es semejante al primero, porque si de una hipótesis se deduce una determinada consecuencia, puede decirse al mismo tiempo que la hipótesis predice y explica esa consecuencia. No se pretende aquí afirmar la tesis discutible de que explicación y predicción son sinónimos, sino sólo subrayar la importancia del poder predictivo en orden a comprobar la validez de las hipótesis. Esa importancia es especialmente notoria cuando se trata de predicciones antes desconocidas; cuando esas predicciones se comprueban, constituyen uno de los argumentos principales en favor de la validez de una teoría. Así, el efecto de un planeta sobre otros tal como lo predecía la mecánica newtoniana condujo al descubrimiento de Neptuno y Plutón en las posiciones calculadas por la teoría. De la relatividad especial se deducía la equivalencia entre masa y energía, expresada en términos cuantitativos, y esa relación se comprobó con éxito y se encuentra en la base de la física atómica y de sus aplicaciones. La relatividad general predijo que la luz está sometida a la gravitación de acuerdo con determinados valores calculables, y la confirmación de ese fenómeno en 1919 significó un apoyo notable a la teoría. El modelo de la gran explosión, propuesto en la década de 1920, recibió un apoyo decisivo cuando Penzias y Wilson detectaron en 1964 la radiación de microondas predicha por la teoría. La detección de las partículas W y Z en 1983, en las condiciones previstas por la teoría electrodébil, fue igualmente una confirmación de gran importancia, como lo sería para las teorías de gran unificación la comprobación de una de sus principales predicciones, la desintegración del protón. Se advierte fácilmente que, en la aplicación de este criterio, no sólo cuenta el número de predicciones comprobadas, sino su carácter específico.

En esa línea, *la precisión de las explicaciones y predicciones* es un tercer criterio que refuerza a los dos anteriores. En la ciencia experimental, el progreso se debe en buena parte a la exactitud de los cálculos y comprobaciones. Kepler invirtió dos años en sus primeros estudios sobre la órbita de Marte, pero recomenzó al detectar un desacuerdo de 8 minutos de arco respecto a los datos de Tycho Brahe, aunque en su época no se concediese mayor importancia a una diferencia de ese tipo. Las predicciones mencionadas anteriormente fueron formuladas y comprobadas con gran precisión. Para comprobar la deflexión gravitatoria de la luz se organizaron expediciones de astrónomos a Brasil y Africa con objeto de realizar mediciones precisas que eran posibles gracias a un eclipse del Sol. La detección de las partículas W y Z supuso varios años de trabajos experimentales en los que intervinieron más de un centenar de científicos, y exigió el desarrollo de nuevas técnicas instrumentales y la construcción de nuevas instalaciones en los laboratorios del CERN en Ginebra. En definitiva, la corroboración de una teoría depende en gran parte de la precisión de las predicciones y mediciones.

La convergencia de pruebas variadas e independientes es un cuarto criterio que refuerza la fiabilidad de las teorías. Por ejemplo, ya se ha mencionado que la validez del modelo de la gran explosión recibió una confirmación importante cuando se detectó la radiación de fondo predicha por la teoría, pero ese modelo es coherente también con los datos obtenidos acerca de otros fenómenos, tales como la abundancia relativa de los elementos ligeros en el universo, y la distribución de la materia a gran escala en el universo; el hecho de que esos fenómenos se estudian y se comprueban de modo independiente es una razón de peso en favor de la teoría que los predice y explica.

En quinto lugar, *el apoyo mutuo entre las teorías* es una nueva prueba de su validez. De este modo, la teoría atómica fue ganando fiabilidad al integrarse en las explicaciones y predicciones de diversas disciplinas. Además de contar con pruebas específicas, esa teoría constituye un elemento importante de las teorías químicas y de la biología molecular. Las teorías se entrelazan, formando una red en la cual las comprobaciones de algunas consecuencias experimentales refuerzan la validez de todos los elementos de la red teórica. Esto constituye el reverso complementario del argumento de Duhem sobre la irrefutabilidad de las hipótesis aisladas.

Por consiguiente, las dificultades lógicas del método hipotético-deductivo se subsanan, en buena parte, utilizando estos cinco criterios. Así se comprende que, si bien es cierto en pura lógica que ese método no permite establecer definitivamente la validez de las hipótesis sobre la base de sus consecuencias, sin embargo, en muchos casos, es posible obtener demostraciones que poseen un alto grado de rigor, incluso cuando se trata de sistemas teóricos que se encuentran formulados en un nivel alto, alejado de las posibilidades de observación inmediata.

13.5. *Verificación y falsación de las hipótesis científicas*

Se ha convertido en un lugar común, en la epistemología contemporánea, afirmar que las teorías científicas nunca se pueden *verificar*, e incluso que tampoco se pueden *falsar* de modo concluyente.

Tal como se acaba de señalar, sin embargo, existen criterios que permiten afirmar con una seguridad razonable que una hipótesis es falsa, así como utilizar de modo fiable el método hipotético-deductivo para llegar a conclusiones bien establecidas. Los cinco criterios que se han señalado se aplican continuamente en la actividad científica real, de modo que la imagen que resulta de estas consideraciones corresponde a la ciencia real, al mismo tiempo que explica la validez de sus métodos.

Podrían añadirse otros criterios. Por ejemplo, a veces se cuentan entre estos criterios la *simplicidad* y la *simetría*. Se trata de requisitos formales que, en ocasiones, desempeñan una importante función en la formulación de las construccio-

nes científicas. Sin embargo, no parece que aporten nada nuevo cuando se trata de evaluar esas construcciones.

Es interesante advertir que los cinco criterios mencionados anteriormente al tratar del método hipotético-deductivo son criterios *lógicos*. En efecto, cuando hablamos de *explicación* nos referimos a la posibilidad de encontrar hechos o leyes que den razón de los fenómenos observados, o teorías de las que se puedan deducir. La *predicción* es, obviamente, una consecuencia lógica de la hipótesis que se intenta comprobar. La *precisión* es una característica de las explicaciones y de las predicciones. La *convergencia de pruebas* se refiere a la coincidencia de diferentes pruebas lógicas. Y el *apoyo mutuo* significa que los argumentos de una teoría se convierten en argumentos a favor de otra debido a la relación que existe entre ambas.

Cuando esos cinco criterios se cumplen, la *fuerza lógica* de los argumentos a favor de una teoría aumenta considerablemente. *Si los cinco se cumplen en alto grado, podemos concluir que la hipótesis que se trata de comprobar es válida*. La objeción típica que suele plantearse es que se ha demostrado que la teoría mejor comprobada de la historia, o sea, la mecánica de Newton, que tuvo un éxito impresionante durante dos siglos y cumplía esos criterios, es falsa. La respuesta no es difícil: nadie ha demostrado que la mecánica de Newton sea falsa. En realidad, se ha mostrado que esa teoría no es completamente universal, sino que se aplica a ámbitos bien delimitados de la naturaleza; cuando salimos fuera de esos ámbitos, hay que utilizar la relatividad y la mecánica cuántica. Pero en el ámbito de fenómenos en que esa teoría se encontraba bien comprobada, sigue siendo válida, e incluso ese ámbito sigue extendiéndose en la actualidad: por ejemplo, la mecánica de Newton se utiliza con su éxito característico para calcular las trayectorias de los satélites artificiales, porque se trata de cuerpos con una masa apreciable (no hace falta usar la mecánica cuántica) y con velocidades no muy grandes (no hace falta utilizar la relatividad).

Por lo que se refiere a la falsación, si bien es cierto que nunca podemos obtener, en teoría, falsaciones completamente concluyentes desde el punto de vista de la pura lógica, también lo es que, tomando en cuenta todos los datos de los problemas, en la práctica se puede considerar, y de hecho se considera, que algunas falsaciones son concluyentes. Por ejemplo, sabemos que la Tierra no está inmóvil en el centro del universo, y que los cuerpos celestes no son incorruptibles ni están hechos de una quinta esencia distinta de la materia de los cuerpos terrestres: Galileo consiguió probar la falsedad de estas teorías, y los argumentos en contra de ellas han aumentado de modo espectacular. Muchas otras hipótesis que han sido admitidas en alguna época pueden considerarse hoy día como refutadas de modo suficientemente claro.

Las demostraciones de la ciencia experimental, tanto las negativas como las positivas, suelen ser muy sutiles, y no pueden expresarse como una simple secuencia de pasos lógicos. Son demostraciones lógicas, pero la lógica humana tie-

ne aspectos más complejos, sutiles y profundos que la pura lógica formal. Para continuar el análisis de este tema es necesario tener en cuenta más elementos, especialmente algunas matizaciones acerca de las nociones de verdad y certeza, que serán introducidas cuando estudiemos el tema de la verdad científica.

14. El método de las ciencias humanas

Las diferencias entre las ciencias naturales y las humanas son patentes. La principal se refiere al objeto de estudio: las ciencias experimentales estudian la naturaleza, y por eso se suelen denominar también «ciencias naturales», y las ciencias humanas estudian el ser humano. Si tenemos en cuenta que el hombre es un ser natural que, al mismo tiempo, trasciende la naturaleza por sus dimensiones espirituales, advertimos que, en sus dimensiones naturales, el ser humano es también objeto de las ciencias naturales: es objeto de la física y de la química si consideramos su masa, su composición química, y las demás propiedades del nivel físico-químico, y es objeto de la biología si consideramos las estructuras y funciones que pertenecen al nivel biológico. Pero las ciencias humanas se ocupan de problemas en los que intervienen las dimensiones espirituales, porque se encuentran implicadas acciones racionales dirigidas hacia fines y, por consiguiente, interviene la libertad. Ésta es la razón más profunda de las múltiples diferencias que se encuentran entre las ciencias experimentales y las ciencias humanas.

La revolución científica del siglo XVII afectó directamente a las ciencias naturales, pero inmediatamente se desarrolló el interés por comprobar si los nuevos métodos se podían aplicar a los problemas humanos. La nueva ciencia experimental proporcionaba medios para dominar la naturaleza, y parecía deseable conseguir algo semejante en la sociedad. La economía primero, y después la sociología, la psicología y otras ciencias humanas, intentaron aplicar el método experimental a los problemas humanos, individuales y sociales, buscando dominarlos.

Examinaremos ahora los problemas metodológicos de las ciencias humanas. Nos limitaremos a algunos problemas principales, ya que un análisis más detallado de cada una sobrepasaría ampliamente los límites de nuestro planteamiento. También nos limitaremos a las ciencias humanas que pretenden utilizar de algún modo el método experimental, dejando fuera, por consiguiente, la filosofía, que adopta un planteamiento muy diferente.

14.1. *Explicación y comprensión*

Los objetivos de las ciencias naturales y humanas son semejantes en la medida en que, en los dos casos, buscamos un conocimiento que pueda permitir un dominio controlado. Simplemente, el objeto que buscamos conocer y dominar es, en un caso, la naturaleza, y en el otro, los fenómenos humanos. Pero esta diferen-

cia es esencial. En las ciencias humanas intervienen las dimensiones específicamente humanas que incluyen la libertad, y por tanto, las leyes que conseguimos en esas ciencias no tienen la fiabilidad propia de la ciencia experimental. *Cuando interviene la libertad, no existen reglas fijas y, por tanto, no se pueden realizar experimentos repetibles, no se pueden formular leyes constantes, y tampoco podemos predecir el futuro utilizando leyes fijas que no existen.*

No sólo existen diferencias entre las ciencias naturales y las humanas. *Ni siquiera existe uniformidad dentro de la ciencia experimental.* Aunque todas sus ramas comparten los objetivos generales recién mencionados, lo hacen con diferentes matices. *Las diferencias dependen de las posibilidades de observación y experimentación*: podemos observar directamente y comprobar experimentalmente los fenómenos de la óptica acerca de la luz visible, pero no podemos observar los electrones, ni siquiera utilizando los microscopios más potentes; por consiguiente, dentro de la física existen diferencias importantes entre distintas ramas por lo que respecta a la posibilidad de representar los fenómenos y de someterlos a control experimental. Las diferencias son mayores cuando estudiamos la evolución del universo o de los vivientes, porque entonces se trata de fenómenos históricos que no podemos observar ni repetir.

Dentro de las ciencias humanas también existen diferencias importantes. Se suele aceptar que *la más próxima a las ciencias naturales es la economía*, sobre todo cuando estudia fenómenos que se desarrollan en el marco de unas condiciones económicas estables; en cambio, cuando se intenta predecir el futuro económico a largo plazo, o en sociedades poco estables, las dificultades aumentan notablemente. Otras ciencias humanas, como la *antropología cultural*, la *psicología del comportamiento humano*, o las ciencias sociales como la *sociología* o la *teoría política*, aunque procedan con todo el rigor posible y puedan conseguir resultados interesantes, incluyen muchos aspectos que no se pueden someter, o sólo en pequeño grado, a tratamiento cuantitativo y a experimentación, de donde resulta que, en tales casos, no se pueden conseguir leyes generales ni predicciones demasiado fiables. Lo mismo cabe decir de la *historia*.

En esos casos, la dificultad e incluso la imposibilidad de obtener leyes generales y de formular predicciones fiables es una señal de que el objeto de estudio tiene una especial categoría y dignidad: se trata de la persona humana. Si pudiéramos conseguir en las ciencias humanas el mismo tipo de fiabilidad que conseguimos en las ciencias naturales, esto significaría que el ser humano se encontraría en el mismo nivel que el resto de los seres naturales, y que la libertad se reduciría a una simple apariencia. Por otra parte, estas dificultades no impiden que se proceda en las ciencias humanas con el rigor que exige cada una de ellas.

Para expresar las diferencias entre las ciencias naturales y las humanas suele decirse que en las primeras alcanzamos una *explicación* de los fenómenos, y en las segundas, una *comprensión*. Explicamos algo cuando mostramos que es el resultado de unas leyes o explicaciones generales; en cambio, la comprensión su-

pone entender las cosas de un modo menos impersonal y más relacionado, en cambio, con nuestra experiencia como personas. Ciertamente, esta distinción expresa una diferencia real: el conocimiento que podemos conseguir acerca del comportamiento de los átomos es muy diferente del que se refiere al comportamiento de otros seres humanos; en este último caso, la identidad de naturaleza nos permite alcanzar una comprensión mucho más personal, aunque no tenga la precisión típica de las ciencias naturales.

Vamos a examinar con mayor detalle las diferencias entre las ciencias humanas y las naturales.

14.2. *Los problemas metodológicos de las ciencias sociales e históricas*

Vamos a seguir a Scott Gordon, quien señala seis problemas que plantean las ciencias humanas (él habla de «ciencias sociales») en comparación con las ciencias naturales[19].

El primer problema se refiere a *la fiabilidad de las leyes*: «Las proposiciones nomológicas sólo son posibles cuando se trata de fenómenos que tienen un cierto grado razonable de uniformidad [...] sería un error afirmar que no se pueden formular leyes sociales, pero sería imprudente, actualmente al menos, considerar las leyes sociales tan fidedignas como las naturales». Evidentemente, «uniformidad» aquí significa «regularidad» o constancia en el comportamiento, y, debido a la existencia de la libertad, el comportamiento humano no posee la regularidad de lo natural. Gordon se expresa con cautela acerca de los logros futuros de la ciencia social, pero podemos afirmar que, aunque se pueda progresar en ellas, siempre tropezaremos con el límite de la libertad porque ésta pertenece a los caracteres constitutivos del ser humano.

El segundo problema se relaciona con *la posibilidad de realizar experimentos*: «Las ciencias sociales pueden hacer muy poco uso de experimentos controlados [...] En la búsqueda de leyes nada puede compararse, en realidad, con un experimento adecuadamente proyectado». Se trata de otro aspecto de la misma dificultad. En efecto, sólo se puede realizar un experimento controlado si el comportamiento que se estudia es uniforme o constante, si es repetible, si en las mismas condiciones proporciona siempre los mismos resultados.

El tercer problema se refiere a *la comprobación de las hipótesis*: «Quizás debido a la capacidad limitada para experimentar, no es posible investigar en la ciencia social sobre la base de la pura curiosidad en el mismo grado que en las ciencias naturales». En efecto, ¿cómo se puede comprobar la validez de una nueva idea si no podemos experimentar, o sólo podemos hacerlo de modo insuficien-

19. S. GORDON, *Historia y filosofía de las ciencias sociales*, Ariel, Barcelona 1995, pp. 66-69.

te? La comprobación de las hipótesis presenta dificultades serias, también en las ciencias naturales, debido a motivos puramente lógicos y a complicaciones prácticas; pero, en el caso de las ciencias humanas, estas dificultades aumentan notablemente debido a que, con frecuencia, ni siquiera podemos realizar experimentos controlados y repetibles, debido al papel que juega la libertad.

El cuarto problema surge de la conexión que existe, en las ciencias sociales, entre conocimiento e interés; con frecuencia, las investigaciones de estas ciencias se encuentran vinculadas con *juicios de valor* y, en consecuencia, es más difícil conseguir la objetividad: «El hecho de que las ciencias sociales se relacionen más con juicios de valor que las ciencias naturales influye en los aspectos prácticos o aplicados de las primeras [...] hay muy pocos temas de la ciencia social que estén desvinculados de los valores». La objetividad no está reñida con la aceptación de valores: incluso puede decirse que difícilmente alcanzará una auténtica objetividad en los asuntos humanos quien no posea una adecuada escala de valores. Lo que ahora subrayamos es que quienes trabajan en la ciencia social poseen diferentes escalas de valores y, dado que es muy difícil separar la descripción y la valoración de las conductas humanas, unos mismos hechos pueden fácilmente ser objeto de estimaciones científicas diferentes. En cambio, los juicios del científico natural que estudia las pautas espacio-temporales que existen en la naturaleza se encuentran mucho menos influidos, en el nivel científico, por su escala de valores.

El quinto problema plantea directamente la existencia de características singulares en el ser humano, que es un ser auto-consciente, capaz de deliberar, de valorar, de decidir libremente: «Las ciencias sociales tratan de la conducta de los seres humanos y muchos científicos sociales —pero no todos, ni mucho menos— dirían que ello las hace básicamente distintas de las ciencias naturales [...] Detrás de lo que consideramos conducta humana hay fenómenos de *conciencia* [...] Cuando utilizamos palabras como "decidir", "elegir", "esperar", etc., estamos refiriéndonos a *estados interiores* mentales de individuos humanos que no tienen equivalente en el mundo material». Algunos piensan que esto permite una comprensión «empática» que llega a niveles más profundos que las ciencias naturales, y en cambio otros, en el extremo contrario (el «behaviorismo» o «conductismo» de B. F. Skinner, por ejemplo) pretenden eliminar todo lo que no es observable y, por tanto, todos los estados internos de conciencia y quizás incluso la libertad. A menos que se acepte un determinismo que acaba siendo contradictorio, resulta patente la existencia de la libertad humana como factor causal autónomo que se encuentra estrechamente relacionado con la singularidad de la existencia humana.

Existe todavía un sexto problema, a saber, *las dificultades peculiares de la metodología reduccionista* en las ciencias humanas: «las relaciones todo/parte no son en los fenómenos sociales como en los del mundo natural... el individuo humano es distinto, al menos en algunos sentidos importantes, en entornos sociales

distintos. La explicación científica, en la medida en que exige reducción de todos a partes componentes, plantea dificultades mucho mayores en el ámbito de los fenómenos sociales que en el de las ciencias naturales».

Los seis problemas recién mencionados son, en el fondo, manifestaciones de una dificultad única: la peculiaridad del ser humano que, con su libertad, trasciende las determinaciones del mundo natural.

Evandro Agazzi ha sintetizado también en seis puntos las diferencias entre las ciencias humanas y las naturales[20]. Esos seis puntos se refieren a características que se darían en las ciencias humanas y no en las naturales, y son los siguientes: *la identidad entre sujeto y objeto*, que puede alterar los datos debido a la implicación emocional y a las expectativas previas a la recogida del dato; la *existencia de la libertad*; la *existencia de fines*; la *dimensión hermeneútica*, o sea, la necesidad de interpretar los fenómenos humanos; las dificultades que encuentra la *experimentación*, y las dificultades que existen para formular *leyes generales*. Estos seis puntos no son idénticos a los señalados por Scott Gordon, aunque coinciden en parte. Además, Agazzi intenta resolver los problemas que plantean, pues sostiene que los mismos criterios científicos fundamentales se aplican tanto en las ciencias naturales como en las humanas. Advierte, por ejemplo, que también en las ciencias humanas se pueden establecer criterios operacionales; que se pueden utilizar modelos en los que se prevean desviaciones de modo que se consigan estadísticas válidas; que también en la ciencia experimental es necesario interpretar; que existen otros procedimientos de control empírico además de la experimentación; que en algunas ciencias humanas es posible realizar experimentos; y que no es necesario conseguir una universalidad estricta, pues basta la generalidad que permitan las circunstancias particulares en cada caso.

Teniendo en cuenta la enorme variedad de casos posibles en las diferentes ciencias humanas, puede admitirse sin dificultad que, en no pocos casos, será posible aplicar, en diferentes grados, métodos semejantes a los que se utilizan en la ciencia experimental. Al mismo tiempo, no parece posible equiparar, sin más, los dos tipos de ciencia. En efecto, en la medida en que estudiemos fenómenos típicamente humanos en los que intervienen características tales como la autoconciencia y la libertad, nos alejaremos del método experimental que se emplea al estudiar las pautas espacio-temporales naturales.

Las diferencias entre las ciencias humanas y las naturales se centran en torno a la tensión que existe entre sujeto y objeto, libertad y necesidad, significado y estructuras, comprensión y explicación, valores y hechos, fines y causas, ausencia de valores y compromiso, intencionalidad y experimentación, particularidad y universalidad. En cada una de estas dicotomías pueden existir grados, pero ello

20. E. AGAZZI, «Problèmes épistemologiques des sciences humaines», en: AA. VV., *Specificité des sciences humaines en tant que sciences*, cit., pp. 39-66.

no impide que la singularidad del ser humano ponga serios límites a la aplicación del método de la ciencia natural en los asuntos relacionados con la persona.

14.3. *Factores psicológicos*

Las dificultades que encuentran las ciencias humanas no se limitan a la existencia de *interpretaciones*, como si éstas ciencias poseyeran un carácter *hermeneútico* que estaría completamente ausente en las ciencia naturales. De hecho, hemos subrayado que en las ciencias naturales debemos recurrir constantemente a la creatividad y a la interpretación. Pero hay una marcada diferencia de acento. En la ciencia experimental, la interpretación se refiere a la necesidad de introducir estipulaciones que no vienen dadas por la experiencia ni están fijadas por motivos teóricos; en las ciencias humanas, a esto se añade la existencia de una subjetividad que condiciona fuertemente lo que sucede, lo que se observa, lo que se busca y cómo se interpreta todo. Sin duda, en las ciencias humanas es posible, deseable y necesario acentuar la exigencia de objetividad, y frecuentemente será posible alcanzarla; pero la existencia de la libertad y de todo lo que la libertad implica, tanto por parte de los sujetos que se estudian como de los que hacen la ciencia, hace difícil, y a veces imposible, aplicar de modo unívoco los mismos criterios que se utilizan en la ciencia natural.

El *conocimiento introspectivo* es una fuente de conocimientos que resulta insustituible en la psicología, y las restantes ciencias humanas se apoyan de algún modo en la psicología porque han de apoyarse en hipótesis acerca del comportamiento humano. Refiriéndose principalmente a la economía, Scott Gordon señala que Thomas Hobbes, en su teoría política, dice que, dado que los hombres son muy similares entre sí, podemos obtener conocimiento empírico válido acerca de la naturaleza humana en general examinando el propio yo. Gordon añade que la introspección personal como forma fidedigna de obtener ciertos tipos de conocimientos empíricos sobre la naturaleza básica de las aspiraciones humanas fue adoptada por los moralistas escoceses y, a través de Smith y Ricardo, se convirtió en un elemento fundamental de la teoría económica. Y concluye: «Así sigue siendo hasta hoy. Si examinamos un libro de teoría económica moderna, veremos que se supone que el hombre se comporta racionalmente, y de acuerdo con ciertas preferencias o apetencias claras. Los economistas no recurren al exponer estos supuestos a la psicología tal como la practican los profesionales o los psicólogos académicos, sino, como hacía Hobbes, a la simple introspección. Numerosos autores, especialmente durante el último medio siglo poco más o menos, han criticado a la economía por carecer de un soporte adecuado en la psicología, pero nadie ha propuesto hasta ahora una conexión de ambas disciplinas que haya merecido algo más que un interés tibio y fugaz»[21].

21. S. GORDON, *Historia y filosofía de las ciencias sociales*, cit., p. 229.

La dificultad mayor que encuentran las ciencias naturales es que *la naturaleza no piensa ni habla*, de modo que, para desentrañar sus leyes, nos vemos obligados a crear un lenguaje que, siendo comprensible para nosotros, permita expresar los hechos que la naturaleza manifiesta a través de la observación y la experimentación. Este método exige mucha creatividad e interpretación, pero una vez que se adoptan las estipulaciones convenientes, se alcanza una objetividad muy notable. El problema de las ciencias humanas es exactamente el inverso: que *estudia seres que piensan, deciden y hablan*, de tal modo que, aunque adoptemos perspectivas bien definidas para estudiarlos y seamos coherentes en nuestro trabajo científico, todo puede cambiar en cualquier momento, sin previo aviso y sin pedirnos permiso.

Para buscar la mayor objetividad posible, la psicología utiliza métodos tales como el estudio de casos, los cuestionarios y entrevistas, la observación natural, y los experimentos de laboratorio y de campo. Pero con frecuencia es muy difícil (y quizás imposible) generalizar los resultados de casos particulares y controlar los factores relevantes, y además hay que contar con el posible sesgo introducido por el experimentador (aunque no desee hacerlo) e incluso por los seres observados (que pueden comportarse de diferente modo al saberse observados, aunque no lo pretendan). En la medida en que otras ciencias humanas suponen puntos de vista psicológicos, estas dificultades están siempre presentes.

Teniendo en cuenta que el ser humano es un ser unitario, el progreso en el conocimiento de sus dimensiones naturales sigue unas pautas semejantes a las de otras ciencias naturales. En ese sentido, existe un progreso notable en el estudio de las bases biológicas de la personalidad y de la conducta social. Las diferencias indudables que existen entre las ciencias humanas y las naturales no deberían ser un obstáculo para el progreso de las ciencias humanas; más bien pueden ayudar a estas ciencias a realizar un trabajo riguroso y a no perder de vista la singularidad del ser humano: sólo así se alcanzará la objetividad y se obtendrán conocimientos que puedan servir para ayudar a mejorar la conducta individual y la organización social.

Capítulo VI
Las construcciones científicas

Vamos a considerar ahora las construcciones científicas, o sea, los resultados que se obtienen al poner en práctica el método científico. Las analizaremos en tres pasos: en el primer apartado nos ocuparemos de los *conceptos*, que son las construcciones más elementales; en el segundo, de los *enunciados*, que relacionan conceptos; y en el tercero, de las *teorías*, que son sistemas de enunciados.

Prestaremos especial atención a estas construcciones tal como se presentan en la ciencia experimental. Al analizar los diferentes tipos de conceptos, enunciados y teorías, subrayaremos los aspectos que tienen más interés para resolver los problemas epistemológicos.

15. Conceptos científicos

Comenzamos con los conceptos, que son las construcciones científicas elementales, con las que se construyen todas las demás. Evidentemente, en la ciencia experimental se utilizan conceptos proporcionados por el lenguaje ordinario y por la lógica. Prescindiremos de su análisis, pues se trata de un estudio que corresponde a la teoría general del conocimiento, y nos centraremos en los conceptos específicos de la ciencia experimental.

15.1. *Clases de conceptos científicos*

Es usual distinguir los conceptos científicos en tres grandes tipos: *clasificatorios*, *comparativos* y *cuantitativos*. Mediante conceptos *clasificatorios*, tales como «célula», «aminoácido», «ion», o «potasio», dividimos en clases los sistemas o propiedades según posean o no determinadas características. Si establecemos un orden obtenemos conceptos *comparativos*; por ejemplo, mediante una balanza podemos comparar las masas de los cuerpos, lo cual nos permite establecer un criterio para delimitar cuándo un sistema tiene una masa mayor que la de

otro y definir, de este modo, la masa como concepto comparativo. Si además fijamos escalas y unidades, obtenemos los conceptos *cuantitativos* o *métricos*, también denominados *magnitudes*, que se definen en relación con teorías matemáticas y experimentos repetibles.

Por ejemplo, para definir la masa como una *magnitud* (concepto *cuantitativo*), hay que especificar que se trata de una magnitud *escalar* y *aditiva* (aspectos matemáticos), e indicar métodos para medirla (aspecto experimental). Es una magnitud «escalar» porque su valor se representa por un simple número: por ejemplo, la masa de un cuerpo son 3 kilogramos; en cambio, otras magnitudes son «vectoriales» porque, además de tener una intensidad, tienen una dirección y un sentido, y no se representan sólo por un número, sino mediante un vector; la velocidad de un cuerpo es una magnitud vectorial, y para determinarla no basta decir, por ejemplo, que el cuerpo tiene una velocidad de 90 kilómetros por hora: hay que especificar en qué dirección (una recta, por ejemplo) y en qué sentido (hacia un lado u otro de la recta). Además, la masa es una magnitud «aditiva» porque las masas de varios cuerpos se suman aritméticamente (la masa de varios cuerpos es la simple suma de las masas de cada uno de ellos: la masa total de dos cuerpos que tienen 2 y 3 kilogramos de masa es 5 kilogramos); en cambio, la temperatura, que también es una magnitud escalar, no es aditiva: si se ponen en contacto dos cuerpos cuyas temperaturas son de 10 y 80 grados, cuando se llegue al equilibrio término la temperatura no será de 90 grados. Por supuesto, todo lo dicho sólo tiene sentido si disponemos de métodos experimentales para medir los valores de las magnitudes; por tanto, para definir una magnitud, es necesario especificar algún procedimiento para medirla.

El uso de conceptos cuantitativos (magnitudes) tiene enorme importancia en la ciencia experimental. Las magnitudes constituyen el puente entre la teoría y la experimentación, porque son conceptos teóricos que se relacionan con los resultados de los experimentos. Permiten desarrollar teorías matemáticas y someterlas a control experimental. Hacen posible un tratamiento riguroso y controlable de modo intersubjetivo. Por ejemplo, cuando la masa se define de acuerdo con los criterios mencionados, deja de ser un concepto intuitivo y se convierte en una construcción teórica que se aplica siempre que sea posible aplicar esos criterios: no sólo podemos hablar de la masa de los cuerpos ordinarios, sino también de la masa de los iones y de las partículas subatómicas, que son entidades muy alejadas de la experiencia ordinaria.

Si bien comenzamos con conceptos clasificatorios tomados del conocimiento ordinario, posteriormente se consiguen conceptos cuantitativos que dan lugar a nuevos conceptos clasificatorios, que están en un nivel más profundo y ya no pueden obtenerse mediante la experiencia común. Los ejemplos se pueden multiplicar fácilmente. Podemos pensar, por ejemplo, en conceptos de la química tales como «aminoácido», «ion», «potasio». El potasio fue aislado por Humphry Davy el 6 de octubre de 1807 mediante electrólisis, haciendo circular la corriente eléc-

trica, producida por la batería que él mismo construyó, a través de potasa fundida. Es un ejemplo de colaboración entre distintas disciplinas teóricas y de su ensamblaje con técnicas instrumentales. Los conceptos básicos acerca de la electricidad se habían desarrollado durante varios siglos, y en 1800 se consiguió la primera pila eléctrica. Por tanto, si bien el concepto de potasio se utiliza como clasificatorio y designa un elemento químico determinado, se precisó por vez primera gracias a todo un conjunto de estudios teóricos y experimentales que incluían muchos aspectos cuantitativos. Por supuesto, el concepto de «ion potasio» es todavía más complejo, ya que incluye los resultados de la teoría atómica. En definitiva, muchos conceptos clasificatorios no están tomados de la experiencia ordinaria, sino que son construidos utilizando los resultados teóricos y experimentales de diversas disciplinas, y son consecuencia de trabajos en los que intervienen conceptos cuantitativos. La secuencia clasificatorio-comparativo-cuantitativo no indica que los conceptos clasificatorios sean sólo un primer paso cuya utilidad se reduce a facilitar la construcción de magnitudes: una vez que se obtiene un concepto cuantitativo, se convierte en un nuevo tipo de concepto clasificatorio, que está sometido a ulteriores refinamientos como concepto cuantitativo, de acuerdo con el ulterior progreso de la ciencia.

Todo ello significa que existe una conexión articulada y progresiva entre los diversos conceptos científicos. Pueden darse diferentes definiciones del potasio, en función de propiedades físicas y químicas que, a su vez, se definen en función de todo un conjunto de conocimientos que va progresando. Algunas definiciones resultan suficientemente claras con respecto a determinados niveles de problemas, mientras que en el nivel de la investigación fundamental siempre suelen existir problemas todavía no resueltos.

15.2. *Significado y referencia de los conceptos científicos*

Acabamos de decir que *pueden formularse diferentes definiciones de un mismo concepto científico*. Es lógico que nos preguntemos: ¿están los conceptos de la ciencia experimental unívocamente definidos, de modo que las diversas definiciones posibles respondan en último término a una única que las abarca? La respuesta exige matizaciones. En efecto, cuando una disciplina está en sus comienzos, suelen darse definiciones poco precisas, y cuando se consigue un desarrollo mucho mayor, se multiplican las definiciones precisas.

Consideremos el concepto de «ácido», uno de los más importantes en la química y en la biología. Robert Boyle dio una primera definición en 1663 tomando como fundamento hechos empíricos, tales como el sabor y la propiedad de cambiar el color del tornasol. A finales del siglo XVIII, Lavoisier pensaba equivocadamente que todos los ácidos contenían oxígeno, y Davy mostró en 1810 que no era así. En 1884, Svante Arrhenius propuso la primera definición conceptual, basada en el comportamiento de los ácidos en las disoluciones acuosas. Posteriormente

se propusieron conceptos más generales. En 1923, J. N. Brönsted y T. M. Lowry definieron un ácido como toda molécula o ion que puede donar protones; este concepto incluye los ácidos de Arrhenius, y también cationes y aniones, y caracteriza los ácidos en función de su comportamiento en las reacciones químicas. En el mismo año, G. N. Lewis definió como ácido a toda substancia que contenga un ion o molécula capaz de aceptar algún par de electrones externos donado por una base, y a su vez, la base es toda substancia que contiene un ion o molécula en el que existe un par de electrones exteriores que pueden formar un enlace covalente con otro ion o molécula. La definición de Lewis es la más general, y considera como procesos ácido-base algunos que no encajan en las otras.

Cada una de las definiciones mencionadas tiene interés, en función del tipo de problemas que se intenta resolver. La situación en su conjunto muestra que pueden coexistir definiciones diferentes bajo un mismo término (en este caso, el de «ácido»). En lugar de aplicar el término «ácido» a todos los casos, podrían utilizarse términos diversos para cada definición, pero esto probablemente tendría más inconvenientes que ventajas para la actividad científica[1].

Lo realmente importante es advertir que cada concepto tiene un *significado*, que abarca las notas que se le atribuyen, y una *referencia*, que indica qué tipo de entidades son representadas por el concepto[2]. El significado se encuentra en el nivel *sintáctico*, o sea, en el contexto lingüístico en el cual se definen los términos, mientras que la referencia se sitúa en el nivel *semántico*, en el que se considera qué tipo de entidades corresponden al término utilizado. Los ejemplos anteriores muestran que un mismo término científico puede tener varios significados que sólo coinciden parcialmente, y también varias referencias que tampoco se identifican.

Esto no constituye un problema para la ciencia, con tal que se delimiten de modo adecuado los distintos significados y referencias, y se establezca cómo se ha de aplicar cada concepto en las diferentes situaciones. Sin embargo, esto no siempre es fácil, y pueden surgir equívocos, por ejemplo, respecto a ideas que pueden resultar demasiado vagas, como la de «selección natural», o incluir circularidad en su definición, como cuando se habla de la «supervivencia del más apto» explicando que «el más apto» es el que «sobrevive» en la lucha por la existencia. En todo caso, el rigor demostrativo está en función de la precisión de las definiciones, tanto por lo que respecta a su significado como a su referencia. Es interesante advertir, sin embargo, que ideas como la de «selección natural» pueden tener una gran fuerza a pesar de no ser muy precisas, precisamente porque son ideas muy amplias que se apoyan en una metáfora (en este caso, con la «se-

1. Cfr. I. HACKING, *Representing and Intervening*, cit., pp. 75-111.
2. Utilizamos esta terminología sin entrar en los detalles de otros términos semejantes, tales como intensión-extensión y connotación-denotación, que no son necesarios para nuestro propósito.

lección artificial» de las variedades de plantas y animales) y, de este modo, se pueden aplicar a una gran variedad de situaciones.

15.3. *La definición operacional*

Algunos han pretendido solucionar el problema recién mencionado, o sea, la existencia de varias definiciones que se refieren aproximadamente a la misma realidad, introduciendo una exigencia de rigor que obligue, de modo explícito, a definir de modo unívoco los conceptos científicos. El procedimiento más claro y lógico para hacerlo es, sin duda, recurrir a las operaciones experimentales mediante las cuales se define el concepto.

En esta línea se sitúa el *operacionalismo* en cuyo origen se encuentra Percy Williams Bridgman (1882-1961), premio Nobel de física en 1946 por sus trabajos experimentales acerca de materiales sometidos a altas presiones. Bridgman propuso que se controlasen los conceptos científicos con todo el rigor experimental posible, llevando esta idea al extremo de afirmar que: «mediante un concepto no queremos decir nada más que un conjunto de operaciones; el concepto es sinónimo del correspondiente conjunto de operaciones»[3].

La exigencia operacionalista responde al deseo de evitar toda ambigüedad, de modo que no se otorgue a los conceptos científicos una validez superior a la que realmente tienen. Parece que, si el científico se atiene a esa exigencia, nunca habrá que rechazar las construcciones teóricas ya establecidas, y que, en caso contrario, ese peligro existirá siempre.

Sin embargo, incluso la definición de los conceptos científicos más sencillos requiere ideas e interpretaciones que no pueden reducirse a operaciones: por ejemplo, estipular si una magnitud es escalar o vectorial, aditiva o intensiva. Además, si se extraen las consecuencias lógicas del operacionalismo, habría que admitir que nos encontramos con conceptos realmente distintos cada vez que se propone una definición experimental diferente, lo cual complicaría en exceso la actividad científica, en la que se considera que conceptos tales como masa, temperatura, tiempo, etc., constituyen un mismo concepto aunque sean susceptibles de diferentes definiciones experimentales.

Estas dificultades son evidentes. De hecho, Bridgman matizó su propuesta. En 1951 afirmaba: «La idea fundamental del análisis operacional es suficientemente simple; se afirma que no conocemos el significado de un concepto a menos que podamos especificar las operaciones que fueron utilizadas por nosotros o por nuestros colegas al aplicar el concepto a cualquier situación concreta [...] El aspecto operacional no es en modo alguno el único aspecto del significado, pero

3. P. W. BRIDGMAN, *The Logic of Modern Physics*, MacMillan, New York 1927, p. 5.

frecuentemente es el más importante»[4]. En el mismo contexto, Bridgman explicaba que, al hablar de operaciones, no se refería sólo a las que pueden realizarse experimentalmente, sino también a los denominados «experimentos mentales» u operaciones «de papel y lápiz», e incluso a «operaciones verbales», tales como preguntarse a uno mismo: ¿diría esto y esto en tal y tal situación?

Si se prescinde, como hizo el mismo Bridgman, de interpretaciones extremas, el operacionalismo subraya un rasgo importante de la actividad científica, en cuanto es deseable que los conceptos científicos se definan de modo suficientemente claro con respecto a su aplicación experimental. Evandro Agazzi ha realizado un intento valioso en esa línea, recogiendo los aspectos válidos de la exigencia operacional, distinguiendo las diferentes posibilidades de aplicarla, y utilizándola para proponer una explicación de la construcción del objeto científico. Agazzi muestra las limitaciones del operacionalismo extremo y desarrolla de modo constructivo los aspectos que responden a las exigencias que impone el uso riguroso del método experimental[5].

15.4. *Modelos y realidad*

La realidad es compleja y, para estudiarla científicamente, debemos recurrir a simplificaciones que representen de modo conveniente los aspectos que nos interesa estudiar. Hablamos de *modelos* para referirnos a construcciones teóricas que representan los sistemas o propiedades de este modo, y decimos que son modelos *ideales* para subrayar que no son una traducción completa de la realidad.

Evidentemente, existe una gran variedad de modelos posibles. Algunos tienen un carácter muy matemático, y otros, en cambio, son representaciones imaginativas que permiten dibujar esquemáticamente aspectos centrales del objeto que se estudia. Aquí nos referiremos solamente a algunas características generales de los modelos.

En todas las ramas de la ciencia se emplean modelos. El uso de modelos es uno de los factores que hicieron posible la revolución científica del siglo XVII. Por ejemplo, se ha subrayado que Galileo «insistía en la importancia de la abstracción y de la idealización para la física [...] hizo uso de idealizaciones tales como "caída libre en el vacío" y "péndulo ideal". Estas idealizaciones no se encuentran directamente ejemplificadas en los fenómenos [...] La obra de Galileo sobre la mecánica testifica la fertilidad de estos conceptos. Fue capaz de deducir la conducta aproximada de cuerpos en caída y de péndulos reales a partir de los principios explicativos que especifican las propiedades de los movimientos idea-

4. Íd., «The Nature of Some of Our Physical Concepts», *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1 (1951), p. 257.

5. Cfr. E. AGAZZI, *Temas y problemas de filosofía de la física*, cit., apartado 18, pp. 162-175.

lizados. Una consecuencia importante de este uso de las idealizaciones fue enfatizar el papel de la imaginación creativa [...] Es necesario que el científico intuya qué propiedades de los fenómenos son la base adecuada para la idealización y qué propiedades pueden ignorarse»[6].

Estas observaciones tienen gran interés. En efecto, permiten subrayar, una vez más, la importancia de la *creatividad* y de la *interpretación* en la ciencia experimental, cuyo método no consiste, en modo alguno, en la aplicación automática de reglas. Los ejemplos pueden multiplicarse fácilmente. Entre los factores que hicieron posible los grandes avances de Newton se encuentra también la idealización. Newton construyó un modelo del Sistema Solar en el cual el Sol, que tiene aproximadamente un millón y medio de kilómetros de diámetro, se reducía a un punto en el que se concentraba toda su masa. Lo mismo sucedía con los planetas, incluida la Tierra con la enorme diversidad de seres que contiene. Las interacciones entre los cuerpos se reducían a la atracción de la gravedad, y nada más. A pesar de tan drásticas simplificaciones, o mejor dicho, gracias a ellas, el modelo de Newton tuvo un éxito inmenso. Se comprende, además, que lo tuviera. En efecto, a gran escala la fuerza de la gravedad es, con mucho, la que determina el comportamiento de los cuerpos, y esa fuerza depende sólo de la masa y de la distancia; además, puede probarse que el comportamiento de los cuerpos por acción de la gravedad equivale al de puntos en los que se concentra toda su masa.

El uso de modelos ideales es habitual en la ciencia experimental. Esos modelos admiten modalidades muy diferentes. En ocasiones, nos vemos forzados a utilizar diferentes modelos para estudiar una misma realidad, porque ninguno de ellos nos permite dar cuenta de todos los fenómenos que conocemos; por ejemplo, para estudiar las partículas subatómicas se emplean dos modelos distintos, el corpuscular y el ondulatorio, pues cada uno de ellos permite explicar de modo satisfactorio determinados fenómenos.

La variedad de los modelos depende del tipo de fenómenos que se estudian y de las posibilidades conceptuales y experimentales disponibles. No hay razón para exigir que deban utilizarse siempre modelos de un tipo determinado. En estas condiciones, ¿cómo puede delimitarse con más precisión la naturaleza y función de los modelos en la ciencia experimental?

Tal como sucede en el caso de los conceptos, también aquí existen dos rasgos básicos que se dan en todos los modelos: la *referencia* y la *significación*. Los modelos se refieren a aspectos de la realidad: por ejemplo, las partículas de la teoría cinética se supone que representan componentes reales de los gases, aunque lo hagan de una manera simplificada; igualmente se supone que la descripción corpuscular y ondulatoria corresponden a aspectos reales de las partículas subatómicas; y algo semejante ocurre con cualquier modelo. Sin embargo, esa referencia a la

6. J. LOSEE, *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, cit., pp. 64-65.

realidad viene condicionada por la manera de definir las características del modelo: lo que propiamente se estudia en la teoría es el modelo ideal, cuyos rasgos se definen mediante conceptos teóricos. Por tanto, el modelo tiene una significación que se determina teóricamente, y una referencia a la realidad cuyo valor debe juzgarse comparando las consecuencias obtenidas a partir del modelo con los resultados de la experimentación.

En cierto modo, el modelo tiene una vida propia. Puede construirse y reelaborarse con libertad, y su significación quedará fijada de acuerdo con el trabajo teórico. En el momento de aplicarlo a la realidad es cuando necesariamente se debe contar con los datos empíricos. Dada la variedad de modelos posibles, su referencia a la realidad admite modalidades diferentes en cada caso.

Pero siempre ha de ser posible valorar esa referencia. Y esto exige que en el modelo se cuente con los conceptos necesarios para establecer la referencia a la realidad. Por consiguiente, además de formular las definiciones teóricas oportunas, se deben indicar procedimientos experimentales que proporcionan la base empírica imprescindible para la aplicación del modelo, ya que permiten establecer una correspondencia entre los modelos y los datos experimentales.

15.5. *Presupuestos metaempíricos de los conceptos de la ciencia experimental*

Tanto en el plano teórico como en el experimental, existen límites para las posibilidades de definir. Dado que para definir un concepto hay que recurrir a otros, en el plano teórico deberán existir algunos conceptos primeros que se definen por sí mismos. Podría decirse que ello es factible recurriendo a la experimentación, o sea, definiendo los conceptos básicos sólo mediante experimentos. Pero también en ese plano existen límites, ya que todo experimento exige que se admitan algunos supuestos básicos.

Esta dificultad se encuentra incluso en los casos aparentemente más triviales. Por ejemplo, para definir la masa mediante una balanza hay que admitir la equivalencia entre la masa que se intenta medir y la masa gravitatoria, lo cual supone disponer de los conceptos de fuerza y de aceleración, y de la ley que los relaciona. Además, si se desea expresar la masa como una magnitud (concepto cuantitativo), lo cual es imprescindible para obtener formulaciones matemáticas, hay que establecer un sistema de medida que incluya una escala definida mediante unidades, y hay que convenir que la masa es una magnitud aditiva, de modo que las masas de dos cuerpos que forman un solo sistema se suman aritméticamente (lo cual no sucede con otras magnitudes, como la temperatura). Se suele suponer que la masa es constante, lo cual sólo es cierto en mecánica clásica, pero no en la relativista. Además, si se desea formular conceptos aplicables a todo tipo de problemas, entonces los supuestos aumentan; por ejemplo, para aplicar el concepto de masa a las partículas subatómicas, se debe recurrir a consideraciones teóricas y experimentales

que van mucho más allá de lo dado inmediatamente en la experiencia y de las nociones evidentes. Algo semejante sucede con la temperatura. En efecto, puede medirse la temperatura mediante distintos procedimientos, cada uno de los cuales se fundamenta en leyes físicas diferentes (según se utilice un termómetro de gas, de líquido, de resistencia eléctrica o de par termoeléctrico); hay que establecer convenciones adecuadas para elegir una escala; hay que determinar si la temperatura medida según los distintos procedimientos responde a un mismo concepto o se trata de conceptos similares pero no idénticos; hay que admitir hipótesis básicas tales como la noción de equilibrio térmico y el denominado principio cero de la termodinámica, según el cual dos sistemas en equilibrio térmico con un tercero están en equilibrio entre sí. Es evidente que, incluso en un caso tan simple como éste, la medición de una magnitud supone todo un conjunto de supuestos.

Parece, pues, que se llega a un callejón sin salida, de modo que no sería posible definir rigurosamente los conceptos científicos básicos y, por tanto, tampoco los conceptos derivados a partir de ellos. ¿Es así?

Si nos atenemos a la pura lógica, así es. Si nos proponemos establecer la ciencia experimental sobre una base inconmovible en la que los conceptos fundamentales sean un simple producto de hechos puros y de inferencias lógicas, encontramos límites infranqueables. Esto tiene una consecuencia de gran importancia: que, *en la fundamentación de la ciencia experimental, necesariamente han de intervenir acuerdos o convenciones o estipulaciones*.

Sin embargo, esto sólo es un inconveniente si se exige una demostrabilidad perfecta que, en realidad, es imposible. Por el contrario, ningún problema surge si se reconoce que esa exigencia no es razonable, sino que es un prejuicio filosófico injustificado.

Además, y esto tiene gran importancia, *las estipulaciones necesarias para establecer los conceptos científicos no son arbitrarias*. Por ejemplo, es posible justificar razonablemente el concepto de masa utilizado en la mecánica clásica y los procedimientos para su medición, de modo que el concepto se utilice coherentemente en los diversos contextos teóricos y las mediciones den valores aceptables dentro de los límites de precisión de cada procedimiento. Lo mismo sucede con otros conceptos básicos, como las longitudes, tiempos, intensidad eléctrica o temperatura.

La construcción de los conceptos científicos exige interpretaciones. No es el resultado de aplicar la lógica formal a hechos puros. Las interpretaciones son necesarias en el caso de los conceptos básicos, próximos al nivel de lo observable, y con mayor razón lo son para los conceptos derivados, que se construyen a partir de los básicos. Pero *interpretación no significa arbitrariedad*: las estipulaciones que se adopten deben conducir a teorías coherentes y a resultados experimentales precisos, y de tal modo que las construcciones teóricas estén de acuerdo con los datos obtenidos en la experimentación. La necesidad de recurrir a estipulaciones no impide que pueda conseguirse un alto rigor demostrativo.

Las consideraciones precedentes se refieren sólo a límites que se encuentran siempre, cuando intentamos definir cualquier concepto científico, sea básico o derivado. A esto habría que añadir que, en el ámbito especializado de las diferentes teorías, los conceptos y modelos suelen depender, además, de otras ideas previas que tampoco vienen dadas por la experiencia. Por ejemplo, la mecánica clásica, tal como se utilizó en el siglo XVII y tal como ha sido interpretada con frecuencia, se presentaba asociada al mecanicismo, que reducía toda la naturaleza a la combinación de porciones de materia sometidas a desplazamiento de lugar; este mecanicismo es erróneo si se lo considera como teoría filosófica, porque deja fuera importantes aspectos de la realidad, pero pudo constituir una ayuda para el desarrollo de la física clásica, que estudiaba fenómenos en los cuales el modelo mecanicista resulta útil. En este caso, un modelo que es útil en la ciencia resulta inadecuado si se lo considera como explicación completa o como resumen de los rasgos esenciales de la realidad.

16. Enunciados científicos

Desde el punto de vista lógico, existe una gran variedad de enunciados científicos: por ejemplo, los que atribuyen una propiedad a uno o muchos sujetos, los que afirman la existencia de entidades o procesos, o los que sólo desempeñan una función instrumental para establecer formulaciones y deducciones que no se refieren directamente a la realidad. Consideraremos tres tipos que tienen especial relevancia para la valoración del conocimiento científico: los enunciados observacionales, las leyes experimentales y los principios generales.

16.1. *Enunciados observacionales*

Los *enunciados observacionales* expresan datos obtenidos mediante observación o experimentación: por ejemplo, el valor de la temperatura de un gas, la trayectoria de una partícula, o la composición química de una substancia. Es evidente que este tipo de enunciados se encuentra en la base de la actividad científica. Por una parte, están en la génesis de los problemas, ya que éstos suelen plantearse a raíz de datos que no pueden ser explicados utilizando los conocimientos establecidos. Por otra, se utilizan en la comprobación de las hipótesis, puesto que una parte decisiva de dicha comprobación consiste en mostrar la coherencia de las hipótesis con los datos experimentales.

La validez de estos enunciados depende, como es lógico, de la validez de los datos que recogen. Teniendo en cuenta que todos los conceptos científicos han de ser construidos utilizando interpretaciones (también los conceptos que suelen denominarse «observacionales»), la medición de los valores de conceptos como la masa, la temperatura o la intensidad eléctrica, si bien se realizan directa-

mente mediante instrumentos, sólo son posibles gracias a la adopción de determinados supuestos teóricos. Además, los diferentes instrumentos tienen a su vez peculiaridades que exigen nuevos supuestos. En consecuencia, *un enunciado observacional no equivale a la simple traducción de un hecho de experiencia*.

Desde el punto de vista lógico, los enunciados observacionales son hipótesis. Su validez está en función de los supuestos teóricos y de la fiabilidad de las técnicas utilizadas para recoger las observaciones: el caso es muy diferente si se trata de la simple lectura de una señal en un aparato de medida, o de observaciones a través de telescopios ópticos o radiotelescopios o microscopios, o de datos obtenidos en los aceleradores de partículas subatómicas, etc.

En cada estadio del desarrollo de una disciplina han de establecerse criterios operativos cuya aplicación permita decidir qué se admite como «datos empíricos». Estos criterios, mediante los cuales se decide qué es lo que se admite como «dato» en cada disciplina, se establecen también recurriendo a estipulaciones. Evidentemente, las mejoras instrumentales o los desarrollos teóricos pueden exigir cambios en los criterios establecidos. Pero se obtendrán enunciados observacionales indiscutibles siempre que se limiten a recoger fielmente los datos siguiendo las estipulaciones vigentes. Por ejemplo, un enunciado que expresa cuál es la masa o la temperatura de un cuerpo, o cuál es la trayectoria de una partícula subatómica, tiene un valor incontrovertible, en un determinado momento, si se utilizan los recursos apropiados y se indican los límites de precisión de las técnicas empleadas.

El carácter hipotético de los enunciados observacionales es una consecuencia de su naturaleza contextual. En efecto, el significado y la referencia de esos enunciados se determinan en el contexto de los recursos teóricos y experimentales disponibles en un momento dato. Ese contexto incluye estipulaciones y puede cambiar. Pero si está bien determinado, es posible formular enunciados observacionales válidos que constituyen el punto de referencia empírico al que deben atenerse todas las demostraciones.

La determinación de dicho contexto es un objetivo primordial de cualquier disciplina que intente consolidarse sobre bases firmes. Se trata de una tarea que suele requerir tiempo, ya que se necesita disponer de todo un conjunto de leyes, teorías y recursos experimentales que permitan establecer datos empíricos con suficientes garantías.

Con frecuencia se designa al conjunto de los enunciados observacionales de una disciplina con el nombre de *base empírica*, y se plantea el problema de su carácter contextual y, por tanto, provisional. Parecería que el entero edificio de la ciencia se asienta sobre una base poco firme; en efecto, esa base no tiene un carácter definitivo. Pero de nuevo, tal como se ha señalado al examinar los conceptos científicos, esto sólo es un inconveniente si se adopta una perspectiva filosófica de tipo racionalista o empirista, según la cual sólo serían válidos los conceptos y enunciados establecidos mediante hechos puros e inferencias lógi-

cas. Si se renuncia a tal pretensión, el problema desaparece, ya que se advierte que es posible conseguir una base empírica válida aunque esté sometida a interpretaciones que pueden evolucionar.

16.2. *Las leyes experimentales*

Las *leyes experimentales* relacionan conceptos observacionales. Por ejemplo, la ley de los gases perfectos incluye tres magnitudes cuyos valores pueden determinarse mediante procedimientos empíricos: la presión, el volumen y la temperatura; y la ley de Ohm relaciona también tres magnitudes del mismo tipo: la intensidad eléctrica, la resistencia y la diferencia de potencial.

Es evidente que estas leyes desempeñan una función muy importante en la actividad científica. Por una parte, *la validez de los procedimientos de medición se apoya en leyes experimentales*, puesto que, en la medición, lo que se hace es observar los valores que toma una magnitud como consecuencia de los valores de otras magnitudes que determinan las condiciones del experimento, y ello supone que se conozca la ley que relaciona la magnitud que se mide con las otras. Así, la medición de la temperatura se realiza utilizando leyes que la relacionan con los cambios que se dan en las substancias termométricas (líquidos, gases) o en dispositivos eléctricos (par termoeléctrico, resistencia). Además, *la construcción de sistemas teóricos se apoya igualmente en leyes experimentales*, y viene a ser un intento de explicar, mediante principios generales, las leyes experimentales conocidas. Por ejemplo, la mecánica de Newton tomó como base las leyes de Kepler sobre los movimientos de los planetas alrededor del Sol, y la mecánica cuántica se construyó gracias a las conexiones que pudieron establecerse entre los estados energéticos de los átomos y las características de sus espectros.

Por tanto, *las leyes experimentales ocupan un lugar central en la actividad científica*, en cuanto sirven de base tanto en el nivel empírico, para fundamentar los procedimientos de medición, como en el nivel teórico, para construir las teorías explicativas.

En cierto modo, también *representan el conocimiento más seguro que se alcanza en la ciencia experimental*. En efecto, dado que relacionan conceptos observacionales, pueden comprobarse con seguridad. Sin embargo, también en este caso hay que advertir que, desde una perspectiva puramente lógica, las leyes experimentales son generalizaciones cuya validez no puede demostrarse: son, pues, hipótesis. Esto es una consecuencia del carácter hipotético de los conceptos y de los enunciados observacionales, a lo cual se añade que las leyes son enunciados generales que se refieren a todos los casos posibles. Pero, de modo análogo a cuanto ya se ha señalado al examinar los conceptos y los enunciados observacionales, esa dificultad lógica se supera porque es posible establecer contextos teóricos y experimentales válidos en los cuales se comprueba la validez de las leyes con suficientes garantías.

Las leyes experimentales pueden comprobarse dentro del grado de aproximación permitido por los conceptos e instrumentos disponibles y en un ámbito determinado de condiciones; por ejemplo, la ley de los gases ideales se convierte en un enunciado verdadero o falso cuando se sustituyen la presión, el volumen y la temperatura por sus valores medidos: resulta entonces que es válida para bajas presiones y en el supuesto de que las moléculas se comporten de modo aleatorio, tengan dimensiones despreciables, no ejerzan fuerzas de atracción, y sus choques sean perfectamente elásticos. Si esos supuestos no se cumplen, la ley tampoco se cumple y hay que recurrir a otras formulaciones.

Una ley experimental no es una traducción exacta de las leyes de la naturaleza. Incluso el término «ley» es confuso en este contexto. En realidad, esas leyes son relaciones que se cumplen en condiciones determinadas. Cuando se formulan cuantitativamente, es más exacto hablar de «ecuaciones» que de «leyes»: por ejemplo, la ley de los gases ideales es una ecuación de estado, que supone la definición del concepto de estado termodinámico y, por tanto, que se establezca qué se entiende por sistema termodinámico y qué propiedades definen el estado de un sistema; es obvio que se trata de un conjunto de conceptos teóricos que no son una simple traducción del orden natural real.

Como las leyes experimentales contienen términos teóricos, su validez está en función de todo un contexto teórico. Esta observación cobra mayor importancia todavía si se tiene en cuenta que, aunque las leyes frecuentemente son formuladas como resultado de investigaciones experimentales autónomas, adquieren un significado pleno cuando se las integra en sistemas explicativos. Todo ello ya fue expresado con claridad por Pierre Duhem; refiriéndose al carácter simbólico de los términos que intervienen en la expresión de una ley física, afirmó que: «esas ideas no son solamente abstractas: son, además, simbólicas, y esos símbolos no tienen sentido más que en virtud de las teorías físicas»[7]. En consecuencia, Duhem señaló que: «una ley de la física es una relación simbólica cuya aplicación a la realidad concreta exige que se conozca y que se acepte todo un conjunto de teorías»[8].

Por estos motivos, y teniendo en cuenta que pueden afinarse progresivamente tanto la simbolización teórica como los instrumentos de medición, *todas las leyes son aproximadas, provisionales y relativas*[9]. El progreso científico puede determinar que el grado de aproximación proporcionado por una ley resulta insuficiente para las nuevas necesidades de la investigación. Sin embargo, ello no impide que una ley sea válida en su contexto propio, y que esa validez sea parcialmente independiente de los sistemas teóricos explicativos en los que pueda encuadrarse.

7. P. DUHEM, *La théorie physique*, cit., p. 251.
8. Ibíd., p. 254.
9. Cfr. ibíd., p. 260.

16.3. *Los principios generales*

Los *principios generales* relacionan conceptos teóricos. Por supuesto, como se ha señalado repetidamente, todos los conceptos son teóricos. Pero las leyes experimentales son enunciados que han de ajustarse a los datos concretos y corregirse si no se corresponden con ellos con suficiente precisión, mientras que los principios generales, aunque también puedan referirse a situaciones experimentales, expresan relaciones que se suponen válidas de modo general, de tal modo que, en caso de conflicto con los datos, a veces se prefiere mantener los principios generales a costa de introducir nuevos conceptos e hipótesis auxiliares.

Un ejemplo típico son los *principios de conservación*: por ejemplo, los que establecen la conservación de la masa, la energía, el momento, la paridad, etc. Son muy útiles en la actividad científica, ya que permiten formular predicciones acerca de muchos fenómenos; en efecto, afirman que algunas cantidades no cambian durante los procesos, de manera que, si se conocen sus valores en el estado inicial, también se conocen en el estado final, lo cual facilita el cálculo de las respectivas magnitudes. Esto explica que en diversas ocasiones se recurra a la misma estratagema: en caso de que la experiencia parezca desmentir la validez de uno de estos principios, se prefiere introducir nuevos conceptos para salvar su validez.

Consideremos el *principio de conservación de la energía*, que es un principio general de gran interés porque se aplica a todos los procesos naturales. Inicialmente se definió la energía cinética en función de la masa y la velocidad de los cuerpos, y se estableció su conservación en los procesos de colisión. Con objeto de salvar la conservación de la energía mecánica en las acciones a distancia, se introdujo el concepto de energía potencial, relacionada con campos de fuerzas. Para los campos eléctricos se definió el potencial eléctrico. En el siglo XIX tomó cuerpo la idea de que las distintas formas de la energía eran comparables; en la década de 1840 Joule estableció que el calor y la energía mecánica eran intercambiables. Joule presentó sus resultados a la *British Association* en 1843 sin demasiado éxito, a pesar de que se trataba de experimentos cuidadosamente realizados e interpretados. ¿Por qué no fueron aceptados inmediatamente? Sin duda, porque la equivalencia entre la energía mecánica, eléctrica y calorífica no se basa en puros hechos, sino en datos interpretados de acuerdo con principios teóricos. Finalmente se llegó a formular el principio de modo general, y se ha extendido también a los fenómenos atómicos y relativistas teniendo en cuenta la equivalencia entre masa y energía. Por tanto, si bien este principio se basa en leyes experimentales, propiamente es un postulado cuya validez se juzga en función de sus aplicaciones.

Los nuevos conceptos introducidos para salvar el principio no son hipótesis arbitrarias ni meras estratagemas pragmáticas. Por ejemplo, así han surgido magnitudes que, como sucede en el caso de los potenciales, desempeñan importantes funciones teóricas y reciben interpretación empírica. En la física de partículas,

parecía que el principio de conservación de la energía no se cumplía en la desintegración beta de núcleos radiactivos. Para salvar el principio se postuló la existencia de una nueva partícula, el neutrino, que ha llegado a ser un componente básico de las teorías sobre la estructura de la materia. Cuando se investigan los posibles modos de desintegración de las partículas, una de las condiciones que se imponen es que se cumpla ese principio.

Además, el principio se aplica de diferente manera según sea la naturaleza de los problemas. El primer principio de la termodinámica es una formulación del principio de conservación de la energía. Afirma que la variación de la energía interna de un sistema es igual a la diferencia entre el calor y el trabajo. Equivale a dar una definición de la energía interna, sobre cuya naturaleza no se formula ninguna hipótesis. Esto, que en apariencia es trivial, conduce a consecuencias de gran interés debido a que la energía interna, a diferencia del calor y del trabajo, es una función de estado y su diferencial es exacta. De ahí resultan relaciones matemáticas importantes.

Estas consideraciones, al mismo tiempo que permiten comprender la naturaleza de los principios generales, muestran rasgos importantes del método de la ciencia experimental. Es fácil advertir que ese método no se reduce a simples inferencias rutinarias a partir de hechos puros, ni a un esquema deductivo basado en la formulación de hipótesis y en la contrastación empírica de sus consecuencias. El método es mucho más sutil, y esto es lo que permite superar la imposibilidad de obtener demostraciones meramente lógicas. Por ejemplo, es ilegítimo afirmar que el principio de conservación de la energía es una ley universal que traduce directamente una ley de la naturaleza; sin embargo, precisamente su carácter más modesto es lo que permite utilizarlo como un instrumento de enorme importancia en la investigación: se trata de una ecuación entre magnitudes que ha sufrido muchos e importantes cambios y que ha exigido que se creasen nuevos conceptos para salvar su validez, pero esto mismo es una manifestación de la sutileza empleada en la ciencia.

17. Las teorías científicas

Si existe una gran variedad de enunciados científicos, la variedad es también notable cuando se los sistematiza para construir teorías. Como ya se ha señalado, una misma teoría admite diferentes sistematizaciones y cada una puede presentar sus propias ventajas; basta pensar en la formulación matricial de Heisenberg y en la ondulatoria de Schrödinger para la mecánica cuántica: aunque son diferentes, se puede mostrar que son equivalentes, pero la formulación de Schrödinger tiene importantes ventajas, por el momento, en el trabajo científico. Recordemos que la sistematización no es un fin; se trata siempre de un medio para conseguir los objetivos de la investigación. Y nunca puede afirmarse que se ha alcanzado una formulación definitiva.

Aquí utilizaremos el término «teoría» como sinónimo de «sistema teórico», o sea, un conjunto de enunciados que se encuentran ordenados entre sí mediante relaciones lógicas. Suponiendo el caso ideal de una teoría completamente formalizada, sus enunciados están dispuestos de tal modo que se distinguen las definiciones y los axiomas o postulados, por una parte, y por otra las proposiciones que se obtienen mediante demostración a partir de los conceptos y enunciados primitivos.

17.1. *La formulación de las teorías*

Hemos señalado anteriormente que las teorías no suelen estar plenamente axiomatizadas. Cuando se caracterizan las teorías como sistemas hipotético-deductivos se expresa una verdad a medias. Si no se añadiera nada más, podría pensarse que se encuentran axiomatizadas de modo que, partiendo de unos postulados básicos, se deducen consecuencias mediante simples inferencias lógicas, como si las conclusiones estuvieran ya contenidas en los principios de la teoría. Por ejemplo, en la mecánica clásica se trataría de aplicar las leyes de Newton o las ecuaciones de Hamilton teniendo en cuenta las condiciones concretas de cada problema, y algo semejante ocurriría en cualquier otra disciplina. Sin embargo, la realidad es otra. De hecho, se llega a formular teorías generales cuando se dispone de un conjunto de leyes experimentales, lo cual suele requerir muchos esfuerzos continuados a lo largo del tiempo. Y cuando al fin se formula una teoría consistente, como la mecánica newtoniana o el electromagnetismo de Maxwell, continúan descubriéndose nuevos efectos y se introducen nuevas explicaciones. Este proceso no tiene fin, ya que la actividad científica se dirige hacia la solución de problemas reales, y por consiguiente se introducen nuevos conocimientos e hipótesis siempre que es conveniente, aunque no exista una sistematización perfecta.

En definitiva, la formulación de las teorías suele realizarse de modo fragmentario. Raras veces se formula, desde el principio, una teoría sistematizada: entre esos casos excepcionales se encuentra la mecánica de Newton (que, por otra parte, ha sido objeto de muchas reelaboraciones), y la teoría de la relatividad de Einstein. Lo habitual es que, aunque esté sistematizada, una teoría vaya incorporando sucesivos logros como resultado del ulterior progreso, y que no exista una sistematización hasta que no se disponga de bastantes conocimientos particulares.

Esto tiene importantes consecuencias en vistas a la comprobación de las teorías. En efecto, debido a su carácter fragmentario, con frecuencia es difícil establecer su validez global y, sin embargo, resulta más fácil valorar aspectos parciales, tales como las leyes experimentales contenidas en una teoría: de hecho, si bien esas leyes adquieren especial consistencia cuando se integran en sistemas teóricos, tienen cierta autonomía propia. Por ejemplo, las leyes de la óptica geométrica se comprueban independientemente de la explicación que se dé sobre los fenómenos de la luz.

A pesar de estas limitaciones, la formulación de sistemas teóricos tiene importantes ventajas, que ya hemos examinado al tratar de la sistematización, cuando comentamos sus cuatro funciones: heurística, crítica, explicativa, y de economía del pensamiento.

17.2. *Teorías fenomenológicas y representacionales*

Otro aspecto especialmente importante con respecto a las teorías es la distinción entre teorías *fenomenológicas* y *representacionales*. En la ciencia experimental siempre se buscan explicaciones y predicciones, pero ese trabajo se realiza de diversos modos que dependen de los datos disponibles y de las construcciones teóricas utilizadas. Veamos dos ejemplos extremos. Obtenemos la ley de los gases perfectos estudiando las correlaciones entre la presión, el volumen y la temperatura en condiciones experimentales muy concretas; las construcciones teóricas que se necesitan son muy sencillas y la comprobación de la ley es segura, pues se encuentra en un nivel muy cercano a la experiencia. Este enfoque se denomina «fenomenológico» por su proximidad a los fenómenos. En cambio, el modelo de la Gran Explosión sobre el origen del universo representa procesos producidos desde hace quince mil millones de años; evidentemente, esos procesos no han sido observados ni pueden someterse a control experimental directo: es necesario, en este caso, formular hipótesis muy alejadas de nuestra experiencia, extrapolar leyes conocidas a circunstancias muy diferentes de las actuales, para obtener, de este modo, unas pocas consecuencias que pueden comprobarse empíricamente. Este enfoque se denomina «representacional», pues utiliza modelos hipotéticos para representar estructuras y procesos inobservables. Evidentemente hay muchos casos intermedios entre estos dos extremos.

En el enfoque fenomenológico obtenemos explicaciones y predicciones muy seguras pero poco profundas, mientras que en el representacional aumenta la profundidad a costa de la seguridad. Ambos enfoques se complementan. En los comienzos de una disciplina suelen obtenerse leyes fenomenológicas que hacen posible la formulación de hipótesis representacionales. Por ejemplo, las leyes cinemáticas de Kepler y Galileo, que enunciaban relaciones entre magnitudes sin determinar las causas de los movimientos, condujeron a la dinámica de Newton en la que se introducían las fuerzas como magnitudes explicativas: los planetas describen órbitas elípticas alrededor del Sol debido a la fuerza de atracción gravitacional, y lo mismo sucede en la caída libre de cuerpos y las trayectorias de los proyectiles respecto a la Tierra. Las leyes de Mendel abrieron paso a la hipótesis de los genes. Una vez establecidos los conocimientos básicos en un cierto nivel, lo que antes era representacional pasa a ser fenomenológico, y sobre esa base se buscan nuevas teorías representacionales en niveles más profundos.

Por tanto, qué es fenomenológico y qué es representacional depende del estado de nuestros conocimientos. Esta observación es importante en vistas a las

polémicas que se plantean en cada época entre los partidarios de atenerse a los datos observables y quienes sostienen que se deben buscar explicaciones más profundas, que van más allá de las posibilidades observacionales del momento. Por ejemplo, en el siglo pasado se desarrolló una polémica entre partidarios de uno y otro enfoque en física; Friedrich Wilhelm Ostwald y Ernst Mach se opusieron a la teoría atómica porque se trataba de una hipótesis sobre entidades inobservables. No es difícil saber qué parte llevaba razón, ya que nuestro conocimiento ha progresado enormemente gracias a la teoría atómica. Sin embargo, estas consideraciones son difíciles de aplicar en el presente en ámbitos donde todavía no se dispone de teorías representacionales bien establecidas. Así se explica que la polémica haya reaparecido en nuestro siglo y todavía continúe. Esta vez afecta al nivel más profundo de las partículas subatómicas. La opinión dominante entre los físicos, que se ha denominado interpretación oficial o de Copenhague (porque se debe en gran parte a Niels Bohr, quien trabajó habitualmente en el Instituto que dirigía en Copenhague), sostiene que la mecánica cuántica actual es básicamente una teoría completa, que la interpretación probabilista es un rasgo definitivo de la teoría, y que no hay que buscar explicaciones en un nivel más profundo para eliminar el carácter probabilístico de las leyes. Otros físicos, entre ellos algunos tan importantes como Albert Einstein, Louis de Broglie y Erwin Schrödinger, no aceptaron ese punto de vista. Se han realizado diversos intentos para formular nuevas teorías que no se limiten a considerar la interpretación probabilista como definitiva, pero por el momento no se ha llegado a un acuerdo y continúan las discusiones.

En todo caso, en la investigación no se busca solamente la certeza que puede conseguirse con los medios actuales de observación. Se formulan conjeturas especulativas y se exige que sean controlables empíricamente. Este modo de proceder supone un riesgo, pero está limitado por el requisito del control. No existe razón para poner límites arbitrarios a las hipótesis representacionales, puesto que sólo el ulterior progreso mostrará si son o no adecuadas. Por ejemplo, mientras en el siglo pasado se discutía la teoría atómica porque se encontraba lejos de las posibilidades de observación, se ha llegado ya a un estadio en el que las medidas más fiables se obtienen recurriendo a fenómenos atómicos.

En mayor o menor grado, todas las teorías versan sobre modelos ideales, que se refieren a los fenómenos reales mediante reglas de correspondencia. Esto es así tanto en las teorías fenomenológicas como en las representacionales. Sin embargo hay diferencias importantes. El objeto de la teoría fenomenológica se define mediante conceptos observacionales como la presión, el volumen y la temperatura en termodinámica, y las reglas de correspondencia relacionan las magnitudes teóricas con sus valores medidos. Aunque también se utilicen algunas construcciones teóricas que no tienen una referencia real, se trata de instrumentos auxiliares para relacionar los conceptos observacionales. Por tanto, en una teoría fenomenológica, una vez fijadas las reglas de correspondencia, la comprobación de los enunciados teóricos se realiza sin dificultad, ya que los con-

ceptos utilizados o bien son observacionales o bien se reducen a ellos. Sin embargo, el caso de las teorías representacionales es diferente.

En efecto, el objeto de una teoría representacional se define mediante propiedades inobservables. Por ejemplo, las partículas subatómicas se caracterizan por su masa, carga, espín, etc. Aunque esas propiedades suelen denominarse «observables» en el lenguaje de la física, los únicos datos de experiencia son trazas de ionización y otros efectos que se producen en los detectores de los aceleradores de partículas: midiendo la curvatura de las trayectorias por efecto de campos magnéticos se deduce el momento de una partícula, y por medios igualmente indirectos se calculan las masas, velocidades y otras propiedades. Un medio habitual para detectar nuevas partículas consiste en suponer que se desintegran de un modo determinado y que de ahí resultan efectos detectables. En estos casos comprobamos solamente las consecuencias observables. En definitiva, todas las observaciones que se refieren a partículas subatómicas son muy indirectas, aunque sean rigurosas.

Por consiguiente, si bien es cierto que en todos los casos, tanto en las teorías fenomenológicas como en las representacionales, se utilizan conceptos teóricos y hay que recurrir a interpretaciones y estipulaciones, el modelo ideal de una teoría fenomenológica tiene una conexión directa con los fenómenos observables y, en cambio, el de una teoría representacional contiene hipótesis sobre magnitudes inobservables y, por tanto, se refiere a la experiencia sólo de modo indirecto.

En el nivel fenomenológico se consiguen conclusiones más seguras, pero las hipótesis representacionales permiten alcanzar explicaciones más profundas y, por este motivo, tienen gran interés científico. En realidad no existe oposición entre ambos enfoques, que se complementan.

17.3. *Criterios de aceptabilidad*

¿Existen criterios para determinar cuando deberíamos aceptar una teoría científica? Este es uno de los problemas más frecuentemente tratados en la epistemología contemporánea.

Al estudiar el método hipotético-deductivo, hemos aludido a cinco criterios cuya utilización permite juzgar si una hipótesis, aunque no pueda considerarse completamente demostrada, puede ser razonablemente aceptada utilizando criterios lógicos. Pues bien, esos mismos criterios son los que debemos aplicar a la aceptabilidad de las teorías, que es, en definitiva, un problema estructuralmente semejante al del método hipotético-deductivo. Se tratará, por tanto, de comprobar si la teoría en cuestión cumple, y en qué grado, los requisitos de *poder explicativo*, *poder predictivo*, *precisión de las explicaciones y predicciones*, *variedad de pruebas independientes*, y *apoyo mutuo entre teorías*.

Thomas Kuhn ha expuesto criterios similares. Para defenderse de las acusaciones de «relativismo» que se formularon contra su interpretación de la ciencia,

escribió un artículo dedicado, por entero, a explicar los criterios que los científicos suelen utilizar para aceptar las teorías [10]. Kuhn dice que no se había referido anteriormente a esos criterios porque daba por supuesto que se conocía su importancia, ya que en la ciencia se aplican continuamente, y aclara que su interpretación de la ciencia no significa, como suponen sus críticos, que no existan criterios objetivos que ayudan a escoger entre teorías rivales; de hecho, da por supuesto que todos saben cuáles son esos criterios. Para evitar malentendidos, en la primera parte de su escrito Kuhn formula y explica esos criterios, que corresponden a las características de una buena teoría científica. Entre un cierto número de ellos, Kuhn selecciona cinco: la *precisión*, la *consistencia*, el *alcance*, la *simplicidad* y la *fecundidad*.

Kuhn explica que una teoría es *precisa* si sus consecuencias concuerdan bien con los resultados de los experimentos y observaciones disponibles. Que es *consistente* significa, por una parte, que en la teoría no existen contradicciones internas, y por otra, que está de acuerdo con otras teorías aceptadas. La *amplitud de alcance* significa que las consecuencias de la teoría se extienden más allá de los datos particulares que inicialmente intentaba explicar. La *simplicidad* se refiere a ordenar fenómenos que de otro modo permanecerían aislados. Y la *fecundidad* se refiere a la capacidad de promover nuevos hallazgos en la investigación científica.

Estos criterios no tienen nada de particular, como Kuhn mismo lo advierte: representan una síntesis de un número más amplio de criterios que los científicos usan habitualmente para decidir la aceptación de teorías. El mensaje propio de Kuhn se contiene en la segunda parte de su escrito, donde explica que esos criterios «no son suficientes por sí mismos para determinar las decisiones de los científicos individuales»[11].

Los cinco criterios que Kuhn presenta están bien escogidos, y coinciden aproximadamente con los cinco criterios que hemos propuesto para abordar un problema semejante al que Kuhn intenta resolver, a saber: cómo se pueden resolver las incertidumbres del método hipotético-deductivo. Kuhn subraya correctamente que, aunque esos cinco criterios resultan útiles, deben ser complementados por la apreciación de los científicos. Por tanto, la elección de teorías no es un asunto de gustos, y se rige por criterios objetivos; a la vez, incluye evaluaciones que no pueden ser eliminadas: la elección de teorías no puede decidirse mediante la aplicación automática impersonal de una especie de algoritmo. Kuhn, que suele ser considerado como la fuente del relativismo en la epistemología contemporánea; sin embargo, como vemos, afirma claramente la existencia de criterios objetivos que, a pesar de serlo, en su aplicación se encuentran unidos a valoraciones

10. Se trata del artículo titulado «Objetividad, juicios de valor y elección de teoría», que está recogido en: T. S. KUHN, *La tensión esencial*, cit., pp. 344-364.

11. Ibíd., p. 349.

que no son automáticas. La interpretación juega un papel importante en cada uno de los pasos de la ciencia experimental, y esto es compatible con la existencia de criterios rigurosos en las pruebas científicas.

El problema de la aceptación de las teorías se presenta, con frecuencia, como la elección entre *teorías rivales*, o sea, teorías diferentes que aparecen como candidatas para resolver el mismo problema. Desde luego, no existen criterios cuya aplicación automática e impersonal permita dilucidar estas cuestiones. Lo que podemos hacer es aplicar criterios como aquéllos a los que nos acabamos de referir. Al fin y al cabo, el problema no difiere esencialmente del que hemos estado considerando. Se han propuesto criterios muy elaborados que, en principio, permitirían apreciar y comparar el contenido empírico y la verosimilitud de las teorías, pero no parece que ninguno de ellos sea aplicable en la práctica científica real.

17.4. *El progreso científico*

La característica más espectacular de la ciencia experimental es su progreso. Las diferentes interpretaciones que se proponen en la epistemología son, en buena parte, intentos de explicarlo. Con frecuencia se compara el progreso científico con la ausencia de criterios de progreso en otros ámbitos del conocimiento. El estudio de esta cuestión ocupa, por tanto, un lugar destacado en la filosofía de la ciencia.

En una primera aproximación, podemos decir que existe progreso en la medida en que se consiguen mejores medios para alcanzar el doble objetivo de la ciencia experimental, y las modalidades del progreso coinciden con los caminos disponibles para realizar ese objetivo de manera más eficaz.

Existen algunos casos indiscutibles de progreso. En primer lugar, el nacimiento histórico de la ciencia experimental, que fue el paso decisivo y fuente de todos los siguientes. En segundo lugar, la consolidación de las diversas ramas y disciplinas de la ciencia: por ejemplo, el nacimiento de la física y, dentro de ella, el nacimiento de la mecánica, de la astronomía, de la óptica, etc. En todos estos casos, la existencia de progreso es indudable, porque comienza a existir una parte de la ciencia que antes no existía. No nos detendremos en estos casos, demasiado evidentes, que no ofrecen dificultades especiales, aunque es muy interesante, desde el punto de vista histórico y filosófico, estudiar los factores que han hecho posible ese progreso.

Sin embargo, en otros casos no siempre es fácil determinar si existe progreso: se trata del progreso dentro de una disciplina determinada o *progreso intradisciplinar*. Se trata de la obtención de nuevos conocimientos en el ámbito de una disciplina científica que ya está consolidada.

Supongamos que la disciplina que se considera está bien establecida y que los modos de formular los conocimientos no cambian. En tal situación, existe

progreso cuando se descubren nuevos fenómenos, entidades, propiedades o relaciones, y se formulan nuevas leyes o sistemas teóricos. Aparentemente, esto es lo que sucede en la actividad científica madura. Sin embargo, la situación real suele ser más compleja.

En efecto, aunque una parte del progreso se realiza de la manera mencionada, esto sólo se cumple en unas condiciones muy precisas, o sea, cuando permanecen idénticos todos los factores relacionados con la definición de los conceptos básicos y las formulaciones teóricas. Se trata de una condición muy estricta. A veces sucede que las nuevas formulaciones modifican esos factores. En algunos casos se trata de cambios importantes; por ejemplo, cuando en la óptica se estudian los fenómenos relacionados con la luz utilizando un modelo corpuscular o un modelo ondulatorio, o cuando en el cálculo de longitudes y tiempos se toma en consideración el tiempo que emplean las señales luminosas para llegar a los instrumentos de medición. En el primer caso, existen fenómenos que sólo se explican mediante uno de los modelos, y por tanto, se utilizan en los distintos casos dos representaciones diferentes que no admiten una comparación estricta. En el segundo, tal como sucede en la teoría de la relatividad, se obtienen formulaciones de las leyes de la mecánica que son diferentes de las clásicas, y por este motivo no es inmediato que la mecánica clásica y la relativista admitan una comparación directa, ya que remiten a definiciones y leyes que no coinciden.

Podemos preguntarnos si este tipo de casos, en los que existen dificultades para comparar diversas formulaciones, son o no frecuentes. Desde luego, las dificultades se dan cuando intentamos comparar grandes sistemas como la mecánica clásica, la relatividad y la mecánica cuántica, ya que se trata de formulaciones que difieren en aspectos básicos desde el principio. El interrogante acerca de la posibilidad de comparar esas teorías adquiere mayor interés si se advierte que es posible obtener las fórmulas de la mecánica clásica a partir de la relatividad cuando estudiamos objetos que se mueven a una velocidad despreciable en comparación con la de la luz, y que las mismas fórmulas se derivan de la mecánica cuántica si nos limitamos a estudiar fenómenos en los que puede despreciarse el factor cuántico como demasiado pequeño. ¿Significa esto que la mecánica clásica es un caso particular de las otras dos teorías? Suele afirmarse que así es, pero subsiste la dificultad de comparar entre sí teorías que utilizan conceptos básicos diferentes.

Las dificultades son también patentes cuando se utilizan modelos diferentes. Un modelo consiste en una representación idealizada de algún tipo de entidad, propiedad o estructura. Pero, en el caso de que puedan aplicarse modelos diferentes en el estudio de un mismo tipo de fenómenos, ¿cómo es posible compararlos?

Existen todavía otros tipos de dificultades. Por ejemplo, aun en los casos en que se utilizan los mismos conceptos y leyes, con frecuencia se consiguen nuevos procedimientos de medición que afectan a la definición de los conceptos básicos. Este caso es frecuente; puede pensarse en las mediciones del tiempo basadas en fenómenos atómicos, o en los procedimientos de detección en los aceleradores de

partículas. En el ámbito teórico sucede algo análogo cuando se adoptan nuevas formulaciones, tal como sucede con las formulaciones de Lagrange o de Hamilton-Jacobi en la mecánica clásica.

Por tanto, la valoración del progreso en el interior de una disciplina presenta dificultades que se refieren a cambios conceptuales y experimentales que, además, son frecuentes cuando la disciplina realmente progresa en busca de nuevas explicaciones y aplicaciones.

En el apartado siguiente analizaremos una propuesta que puede facilitar la explicación del progreso intradisciplinar. Pero antes podemos preguntarnos qué interés tiene este tema y por qué se le ha concedido tanta importancia en la epistemología contemporánea. De hecho, se dan tres motivaciones diferentes que condicionan el modo de plantearlo.

La primera es una motivación filosófica, que se da cuando lo que se pretende es obtener una imagen del progreso científico que sirva de apoyo para las propias ideas filosóficas. Esto sucede, por ejemplo, cuando se defienden posturas cientificistas, en las que la ciencia experimental viene considerada como paradigma de todo conocimiento válido. Es lógico que, para argumentar en favor de tales posturas, se busque establecer criterios de progreso que resulten aplicables en las ciencias experimentales y que, en cambio, no puedan utilizarse en otras modalidades cognoscitivas; tales criterios, en caso de existir, servirían para justificar de algún modo la perspectiva cientificista. Este planteamiento puede actuar como un prejuicio que impida plantear el problema del progreso de modo objetivo. La consecuencia de tal enfoque será que, en lugar de conseguir explicaciones auténticas, se llegará a pseudoproblemas insolubles, debido a los defectos del planteamiento. En ocasiones, se incurre en el defecto contrario: se pretende criticar el cientificismo y, para conseguirlo, se niega la peculiar fiabilidad que realmente posee la ciencia experimental, negando el progreso que realmente se da en ella.

Una segunda motivación es el deseo de encontrar criterios que permitan evaluar el valor potencial de las teorías, en vistas a la investigación futura. Este motivo tiene cada vez mayor importancia, debido a que muchas investigaciones exigen el empleo de grandes recursos humanos y materiales, por lo que resulta justificado plantear qué perspectivas de éxito presenta una teoría determinada. El problema llega a adquirir dimensiones políticas cuando se trata de programas de investigación de gran volumen, tales como la construcción de los grandes aceleradores de partículas. Pero este enfoque sobrepasa los límites de la filosofía de la ciencia y requiere planteamientos de política científica.

La tercera motivación es meramente epistemológica, y lleva a valorar el progreso científico en sí mismo, tal como se da en la ciencia real. Es la perspectiva que adoptamos aquí, ya que es la única que puede proporcionar una imagen real del progreso tal como de hecho se da, para comprender adecuadamente cuál es la naturaleza de ese progreso y de qué factores depende.

Volvemos ahora al problema pendiente: ¿es posible determinar la existencia de un progreso intra-disciplinar? Este problema se encuentra estrechamente relacionado con el problema de la *conmensurabilidad* de las teorías, que es uno de los temas más tratados en la epistemología contemporánea.

17.5. *La conmensurabilidad de las teorías*

Fue Thomas Kuhn quien puso de moda el problema que nos ocupa, al afirmar que las sucesivas teorías que se formulan en la ciencia suelen ser «inconmensurables», o sea, no comparables, porque contienen diferentes conceptos básicos y utilizan diferentes modos de experimentar. La conclusión que parecía desprenderse era que el progreso científico, o bien no existía, o bien era «irracional», porque no puede explicarse mediante criterios racionales que una teoría sea mejor que otra. Por este motivo se ha acusado con frecuencia a Kuhn, y a sus muchos seguidores, de «irracionalismo» y de «relativismo».

Como ya hemos señalado, no hay dificultad en admitir que se da progreso científico cuando se considera el nacimiento mismo de la ciencia experimental y el nacimiento de nuevas disciplinas. En esos casos se da un progreso indudable, que es *acumulativo* y, además, es *lineal* en sentido estricto, puesto que se refiere al establecimiento de conocimientos que no existían previamente.

Es el progreso intra-disciplinar, que no es necesariamente lineal, el que requiere especiales aclaraciones. Expondremos a continuación una posible solución a esas dificultades, utilizando las ideas de Evandro Agazzi sobre la objetivación y sobre la conmensurabilidad de las teorías.

¿En qué consiste el progreso en una disciplina ya establecida? Agazzi propone una respuesta que se basa en su idea de la *objetivación*. De acuerdo con su perspectiva, cada disciplina se caracteriza mediante una objetivación, que representa el modo como se construye su objeto. Agazzi escribe: «Encontramos en cada ciencia algunos predicados fundamentales, que sirven para construir su vocabulario típico. Son "términos técnicos" básicos de aquella ciencia, que dan a quienes la cultivan la posibilidad de ponerse de acuerdo acerca de lo que suelen llamarse "datos". Más exactamente, los datos son, en cada ciencia, sus proposiciones "inmediatamente verdaderas", o proposiciones "protocolares", como las denominaban los neopositivistas. Se trata ciertamente de las proposiciones que se pueden afirmar de modo intersubjetivo porque contienen exclusivamente aquellos predicados básicos que se pueden controlar recurriendo a *procedimientos operativos*. Por ejemplo, si estamos de acuerdo en investigar la realidad usando la balanza, el cronómetro y una regla rígida para verificar proposiciones que contienen predicados como "masa", "duración" y "longitud" según procedimientos estandarizados de medición, entonces podremos establecer la verdad o falsedad inmediata de toda una serie de afirmaciones básicas y formularemos aserciones

empíricas de la mecánica clásica. Después introduciremos, utilizando como instrumentos de acuerdo intersubjetivo, por ejemplo el análisis infinitesimal y además otros instrumentos materialmente operativos, otros conceptos, y de este modo iremos construyendo el edificio *teórico* de la mecánica» [12].

Deben notarse dos diferencias con respecto a las ideas neopositivistas y operacionalistas. En primer lugar, Agazzi adopta la expresión «proposiciones protocolares» y alude a los neopositivistas, porque éstos popularizaron esa expresión. Pero advierte que, si bien la utiliza en un sentido que es en parte semejante al de los positivistas, en cuanto se trata de proposiciones que se encuentran en la base de las construcciones científicas, las semejanzas acaban ahí [13]; en efecto, tales proposiciones no se reducen a experiencias subjetivas, como pretendían los neopositivistas, sino que se establecen mediante interpretaciones teóricas que son imprescindibles para definir los predicados básicos. Por otra parte, la objetivación, tal como ha sido introducida, tiene también algún rasgo que recuerda al operacionalismo, pero tampoco implica las tesis básicas operacionalistas [14]: en concreto, no se reduce el significado de los conceptos a las operaciones relacionadas con ellos.

Siguiendo a Agazzi, denominamos *objetivación* al conjunto de procedimientos teóricos y prácticos utilizados para construir los objetos científicos. Una objetivación contiene los *predicados básicos* de una disciplina (tales como la masa, la longitud y el tiempo en la mecánica), y los *criterios de protocolaridad* que sirven para determinar qué tipo de enunciados se consideran evidentes en esa disciplina. Veamos qué relación existe entre la objetivación y el progreso científico.

Agazzi ha sintetizado la cuestión del modo siguiente: «El punto de partida consiste en reconocer que cada disciplina científica señala su dominio específico de objetos seleccionando unos pocos predicados específicos para su discurso. Algunos de esos predicados deben ser operacionales (esto es, relacionados directamente con operaciones de contrastación), y son los que *determinan los objetos* de la teoría respectiva. En el caso de una transición desde una teoría T a otra T', debemos considerar si los predicados operacionales cambian o no. Si no cambian en su relación con las operaciones, entonces T y T' son comparables (y pueden resultar a veces compatibles y a veces incompatibles). Si todos los predicados operacionales no son idénticos en T y T', las dos teorías muestran un grado de inconmensurabilidad bastante alto, y esto sucede porque no se refieren a los mismos objetos. En este caso el cambio de teoría significa cambio de objetos. Pero podemos ver que incluso la inconmensurabilidad es compatible con el progreso concebido como la acumulación de verdad. En efecto, T y T' continúan siendo

12. E. AGAZZI, *Proposta di una nuova caratterizzazione dell"oggettività scientifica*, Itinerari, nº 1-2 (abril-agosto 1979), p. 121.

13. Cfr. E. AGAZZI, «Eine Deutung der wissenschaftlichen Objektivität», *Allgemeine Zeitschrift für Philosophie*, 3 (1979), p. 31.

14. Cfr. E. AGAZZI, *Temas y problemas de filosofía de la física*, cit., Capítulo V, nn. 18 y 19, donde Agazzi examina en concreto esta cuestión.

verdaderas acerca de sus objetos respectivos (T' no refuta a T), y la suma global de verdad adquirida aumenta. En otras palabras, el progreso científico no consiste en una mera relación lógica entre teorías, y además no es lineal. Sin embargo, existe, e incluso puede ser interpretado como una acumulación de verdad, con tal que no se olvide que cada teoría científica es verdadera solamente *acerca de* sus objetos específicos propios» [15].

En este contexto, Agazzi añade una matización que tiene gran interés, en relación con el carácter teórico de los predicados operacionales. En efecto, uno de los principales argumentos en contra de la posibilidad de comparar entre sí las teorías suele basarse en que la experimentación supone siempre que se acepten formulaciones teóricas que permiten planear e interpretar los experimentos. Esto sucede siempre que recurrimos a procedimientos experimentales, y por tanto, también cuando buscamos la definición de los predicados operacionales básicos. En este sentido, no existen predicados puramente observacionales u operacionales, y esto parece impedir toda comparación cuando se formulan nuevas teorías: la nueva formulación tendría repercusiones en todos los conceptos, también en los operacionales, de modo que se daría un cambio de sentido que haría imposible cualquier comparación. Pues bien, Agazzi señala al respecto que: «En el caso de los conceptos operacionales sucede que su significado se divide en dos partes: una componente a la que denomino "referencial" y otra componente "contextual". Es sólo esta segunda la que está impregnada de teoría, mientras que la primera representa un "núcleo estable" de significado, que puede permanecer invariante en distintas teorías y, de este modo, permite una comparación. Por tanto es posible admitir que todo concepto científico está impregnado de teoría, admitiendo igualmente a la vez que ese aspecto es sólo parcial en el caso de los conceptos operacionales» [16].

Consideremos, por ejemplo, el caso de la termodinámica fenomenológica y la mecánica estadística. En la primera teoría, se utilizan magnitudes observacionales tales como el volumen y la temperatura, que se definen teóricamente y se relacionan con procedimientos experimentales de medición; en la segunda, se construye un modelo representacional, tomando en cuenta el número de partículas que hay en una muestra de un gas, su masa y su velocidad, de modo que el modelo se basa en magnitudes que no son observacionales. ¿Es posible tender un puente entre ambas teorías? De hecho existe, ya que se formulan relaciones entre el modelo representacional y las magnitudes medibles. Éstas reciben una interpretación nueva en la mecánica estadística, y por tanto, tienen un nuevo significado contextual; pero los procedimientos de medición siguen siendo los mismos. En consecuencia, existe una base común a ambas teorías, y esa base es suficiente

15. E. AGAZZI, «Commensurability, Incommensurability, and Cumulativity in Scientific Knowledge», *Erkenntnis*, 22 (1985), p. 51.
16. Ibíd., pp. 51-52.

para mostrar que los resultados de ambas son complementarios: las dos teorías conectan con la realidad a través de las mismas magnitudes observacionales, cuyos valores se determinan utilizando los mismos instrumentos, y por consiguiente la nueva significación teórica de esas magnitudes no es obstáculo para que se relacionen las correspondientes teorías. El resultado es que no existe ninguna oposición entre ambas, de modo que se obtiene un conocimiento más completo teniendo en cuenta el conjunto de sus formulaciones y resultados.

Por otra parte, las construcciones teóricas han de ser valoradas de acuerdo con la intención con que son formuladas. Por ejemplo, un modelo como el utilizado en la teoría cinética de los gases no se pretende que sea verdadero, o mejor, no es formulado como una representación completa de la situación física: es un modelo deliberadamente esquemático, ideado para explicar situaciones físicas que admitan las simplificaciones inherentes al modelo. ¿Cuáles serán los criterios de progreso en situaciones de ese tipo?

Craig Dilworth ha analizado este problema, y ha propuesto tres criterios para juzgar la aceptabilidad de los modelos: su exactitud o precisión, el alcance o amplitud de sus aplicaciones, y la sencillez; los dos primeros factores son empíricos, y el tercero tiene un carácter más teórico. Cuando se trata de comparar teorías, la precisión se comprueba mediante los resultados de las medidas en el dominio común en que ambas son aplicables; el mayor alcance de una teoría significa que puede aplicarse a más problemas; y la sencillez depende de las modificaciones *ad hoc* que se deban introducir en una teoría para explicar los datos empíricos [17].

La perspectiva de Dilworth se apoya en una concepción de las teorías científicas según la cual éstas no son un sistema de enunciados, sino un «modelo aplicado» del que pueden derivarse leyes empíricas. Una teoría vendría a ser una «perspectiva conceptual» que se aplica a determinadas situaciones de hecho, y lo que debe valorarse es su aplicabilidad. Dilworth no excluye una interpretación realista de las teorías; se limita a considerar la aceptabilidad de las teorías y la posibilidad de compararlas, aun en el caso de que se trate de construcciones teóricas que no tengan una referencia real clara. Dilworth dice al respecto: «Tal como lo veo, un realista exigiría, para que una teoría científica fuera aceptable, la existencia actual de las entidades hipotéticas que postula. Yo no exijo tanto. Todo lo que pediría es que lo descrito por una teoría sea en principio capaz de *concebirse* como una situación *física* posible, y el motivo para formular solamente esta exigencia más débil es, en parte, que puede suceder con frecuencia que no se esté en condiciones de aplicar el criterio realista, ya que no siempre podemos saber si aquello a lo que se refieren nuestros "términos teóricos" existe o no. Por tanto, no sería correcto decir que estoy en desacuerdo con un realista: simplemente, soy algo más tolerante respecto a los criterios de aceptabilidad de las teorías científi-

17. Cfr. C. DILWORTH, *Scientific Progress*, Reidel, Dordrecht 1981, pp. 73-76.

cas»[18]. Estas consideraciones son importantes porque, especialmente en las teorías más abstractas de la física matemática, con frecuencia nos encontramos con situaciones de ese estilo, en las que es difícil juzgar las construcciones de modo realista, y a pesar de todo podemos hablar de progreso.

Se puede decir más. Cuando se habla de progreso, a veces se da por supuesto que sólo sería auténtico un tipo de progreso que fuese *acumulativo* y *lineal*. O sea, se piensa que, para ser progresiva, una nueva teoría no sólo debe contener todo lo válido de las anteriores, sino que el progreso debe consistir en la adición de conocimientos perfectamente homogéneos, como si se tratase de un edificio en construcción en el que lo ya construido queda subsumido, intacto, en el conjunto del edificio.

El progreso científico no siempre es lineal en ese sentido. Hay una cierta estabilidad, pero no al modo como los ladrillos se acumulan en la construcción de un edificio. En todo caso, si se desea utilizar esta analogía, podría decirse que las estancias que componen el edificio no son equivalentes, y que los diferentes edificios, calles y ciudades que se van construyendo tampoco lo son. Un conjunto arquitectónico como Manhattan puede sobrepasar a muchos otros en grandiosidad y proporciona una sede apropiada para la confluencia de actividades económicas de notable envergadura, pero no posee las características de las amplias zonas de New Rochelle o New Jersey, pensadas con una finalidad residencial.

Se trata sólo de una analogía, pero es significativa. Se trata de reconocer la pluriformidad de la actividad científica real. La ciencia experimental no es como una ciudad que se reconstruye de nuevo cada vez que se da un progreso significativo. Evidentemente, se intenta, y frecuentemente se consigue, armonizar lo nuevo y lo viejo. Pero lo viejo no suele ser destruido, y continúa desempeñando las funciones que le eran características e incluso sigue siendo fuente de novedades. El progreso no es lineal, en el sentido de que no se puede reducir a simples relaciones lógicas entre teorías, de modo que las antiguas sean absorbidas totalmente por las nuevas y lleguen a desaparecer.

En definitiva, el progreso científico se explica dentro de una perspectiva en la cual la ciencia experimental es considerada en toda su complejidad. Admite diversas modalidades que corresponden a los diferentes aspectos de la actividad científica, de sus métodos y de sus resultados. Se comprende adecuadamente cuando se pone en relación con la peculiar objetividad científica. Las dificultades surgen, como hemos advertido, cuando se mezcla el análisis del progreso científico con objetivos extracientíficos que no corresponden a las características de la ciencia real.

18. Íd., Comunicación personal, 6 de febrero de 1982.

Capítulo VII
El valor de la ciencia

18. Verdad y objetividad en las ciencias

La ciencia experimental se presenta como conocimiento objetivo. La objetividad puede entenderse en dos sentidos. En primer lugar, como validez intersubjetiva; en este sentido se afirma que los métodos y resultados científicos son válidos para cualquier sujeto, independientemente de sus convicciones personales. En segundo lugar, objetividad equivale a afirmar que algo pertenece al objeto, que se da en la realidad; en este sentido decimos que nuestro conocimiento es verdadero. Evidentemente, ambos significados se encuentran estrechamente relacionados, pero no son idénticos. Es preferible examinarlos por separado y siguiendo un orden: primero la intersubjetividad y después la verdad. El motivo es que el método de la ciencia experimental conduce directamente a la intersubjetividad, de modo que es preferible abordar el problema de la verdad contando con esa base.

18.1. *La intersubjetividad científica*

En la ciencia experimental podemos proponer hipótesis que van mucho más allá de lo que puede ser observado o medido. Más aún: en ocasiones, son esas hipótesis muy imaginativas las que más contribuyen al progreso de la ciencia. Sin embargo, todas las hipótesis deben cumplir un requisito mínimo: que se puedan relacionar de modo lógico con los datos obtenidos experimentalmente.

La exigencia de *control experimental* implica que debemos definir conceptos que relacionen la teoría con la experimentación: aunque los conceptos no se reducen al conjunto de las operaciones empíricas mediante las cuales se definen (como afirma el operacionalismo extremo), es preciso relacionar los conceptos básicos de una teoría con los experimentos que sirven para definirlos y para medir sus valores. Cuando establecemos esas relaciones, acotamos un ámbito de «intersubjetividad», porque cualquier persona puede utilizar los conceptos así de-

finidos en el mismo sentido que nosotros lo hacemos y llegando a los mismos resultados. El acuerdo sobre el uso de los conceptos conduce a la intersubjetividad, y en la ciencia experimental se exige establecer ese tipo de acuerdos que sirven como base a la peculiar objetividad de la ciencia experimental.

Esto no significa que sólo sea real lo que podemos estudiar siguiendo el método experimental. Significa, en cambio, que definimos, dentro de la realidad, un ámbito que goza, para nosotros, de una especial objetividad. En palabras de Evandro Agazzi: «Si considero las determinaciones de la realidad, me resulta fenomenológicamente (incluyendo en tal fenomenología también la evidencia de mi comunicación con otros) que entre ellas hay algunas que ciertamente son "reales", pero sólo para mí en este momento; mientras que hay otras acerca de las cuales me consta el acuerdo entre mí y otros sujetos (incluyéndome entre esos "otros sujetos" también a mí mismo en condiciones diversas de las actuales). De este modo, si bien denomino "subjetivas" a las determinaciones del primer tipo, no incurro en el error de calificarlas como "no reales", y por tanto la distinción que hago se limita a introducir una partición *dentro* de la realidad [...] Nada prohibe que yo llame *objetiva* a la zona de lo real acerca de la cual se verifica el acuerdo de la intersubjetividad. Esta no es "más real" que la otra» [1].

En definitiva, la *objetividad* científica resulta de *construir un objeto* estableciendo su relación con los experimentos. Alcanzamos así una *intersubjetividad* que tiene un carácter operacional. No se reduce a un puro manejo de instrumentos, pero se establece recurriendo a ellos.

El problema que esto plantea es que no podemos convertir en intersubjetiva una actividad tal como es el conocimiento, que es siempre una actividad «privada» o personal. Por ejemplo, no podemos percibir las percepciones de otros, ni experimentar su autoconciencia a fin de confrontarla con la nuestra. Sin embargo, de hecho llegamos a acuerdos intersubjetivos en el ámbito del conocimiento. ¿Cómo se consigue? Según Agazzi: «Para comprender cómo se da este acuerdo, basta analizar qué sucede de hecho. El punto central es éste: lo que consta intersubjetivamente no es el acuerdo acerca del *percibir*, sino el acuerdo acerca del *usar* una misma noción: nos consta que usamos del mismo modo una noción, y sobre esta base se instituye el acuerdo intersubjetivo. Esto es un hecho muy patente, tanto para las nociones que suelen denominarse empíricas, concretas, como para las más abstractas. Supongamos que me encuentre ante un interlocutor y quiera verificar con él si entre nosotros dos la noción de color rojo es intersubjetiva o no. ¿Qué hago? Ciertamente no puedo ir a ver cómo él percibe lo que yo llamo rojo, sino simplemente comienzo a ver si él está de acuerdo conmigo en decir que éste lápiz es rojo; o bien le presento un clásico manojo de hilos multicolores y le digo: "extrae el hilo rojo"; o bien, todavía, "detente en el semáforo

1. E. AGAZZI, «Proposta di una nuova caratterizzazione dell'oggettività scientifica», cit., pp. 118-119.

rojo". En definitiva, le invito a *operar* con la noción de rojo [...] También respecto a las nociones abstractas sucede lo mismo [...] Por tanto, es a través de la *praxis* como se alcanza la intersubjetividad, si bien se trata de una praxis que no es pragmatista, sino que está orientada hacia la *noesis*. El producto de esta praxis es, pues, un producto noético: una noción» [2].

Esta explicación permite compaginar los aspectos «públicos» y «privados» del conocimiento científico. En efecto, si bien se admite que en la ciencia experimental se buscan formulaciones intersubjetivas, que no dependan de las interpretaciones subjetivas en cuanto a su validez, se reconoce que la fuente originaria de todo conocimiento es estrictamente personal. Sería imposible establecer acuerdos intersubjetivos si no se dispusiera de conocimientos subjetivos, que remiten a las experiencias personales.

La intersubjetividad de la ciencia experimental tiene una estrecha conexión con lo que puede denominarse «controlabilidad». Agazzi lo expresa así: «Si algo debe ser válido para *todos* los sujetos, concluimos que *debe* ser válido para *cada* sujeto, y esto puede ser expresado por el requisito de que una propiedad objetiva debe ser tal que pueda ser sometida a *control* por cualquier experimentador competente. La *controlabilidad* (otro requisito básico del discurso científico) incluye obviamente la repetibilidad, y al fin requiere que se obtengan los mismos resultados siempre que se repitan las mismas condiciones» [3]. La controlabilidad empírica es un requisito básico que deben cumplir las construcciones teóricas. Constituye un aspecto esencial de la actividad de la ciencia experimental. En este sentido, es forzoso admitir que debe darse, ante todo, respecto a los enunciados básicos de cualquier teoría, pues lo contrario tampoco podría darse en el caso de enunciados menos inmediatos.

El control experimental admite grados. Por este motivo, no puede extrañar que, en la cita anterior, Agazzi se refiera al control realizado por un experimentador «competente». Este calificativo pone de manifiesto algo que necesariamente forma parte de cualquier descripción adecuada de la ciencia real: que, si bien en algunos casos elementales es posible realizar el control de un modo casi automático, en muchos otros se requiere todo un conjunto de interpretaciones que, además de los oportunos conocimientos, exigen una pericia especial. Con frecuencia, las comprobaciones experimentales son realizadas gracias a la competencia de expertos, que no sólo son capaces de idear métodos sofisticados, sino también de ejecutar e interpretar gran cantidad de operaciones instrumentales muy complejas. La intersubjetividad aparece así en sus dimensiones reales. Cuando se afirma que remite a experimentos que pueden ser comprobados por cualquiera, implícita-

2. Ibíd., p. 120.
3. Íd., «Subjectivity and ontological Commitment in the empirical Sciences», en: R. E. BUTTS y J. HINTIKKA (eds.), *Historical and philosophical dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Reidel, Dordrecht 1977, p. 164.

mente se da por supuesto que se trata de un experimentador competente: en realidad, suelen ser pocas personas quienes están comprendidas bajo ese calificativo.

La controlabilidad está estrechamente relacionada con la *repetibilidad*. Agazzi señala que: «Hay también otras características que merecen ser subrayadas. Una es el hecho de que, si muchos sujetos deben estar en grado de controlar operacionalmente algún aspecto para que éste sea objetivo, de aquí se sigue que los hechos científicos deben ser *repetibles* al menos en principio. Se trata de un rasgo de la ciencia que, con tal que sea cuidadosamente explicado, no puede ser negado por nadie, y la necesaria explicación consiste simplemente en señalar que, en la ciencia, nunca buscamos la repetición de algo *individual*, de un hecho singular, sino de un hecho genérico de una determinada *clase*. Esto significa que los llamados hechos irrepetibles, como por ejemplo las explosiones estelares, son repetibles, no porque esta estrella concreta que ha explotado pueda explotar de nuevo, sino porque el fenómeno de la explosión estelar como tal debe recibir una explicación científica dentro de la astronomía, que establezca bajo qué condiciones sería posible observarlo de nuevo. Evidentemente, tal repetición no tiene nada que ver con nuestras posibilidades de *producir* de nuevo el hecho, sino simplemente de *observarlo* de nuevo si se cumplen algunas circunstancias precisas»[4].

Es interesante resaltar la complejidad de la experimentación. Los experimentos más interesantes suponen, con frecuencia, una cadena de procesos en los que están involucradas instalaciones muy complejas, de tal manera que su realización exige que se utilice todo un conjunto de teorías, interpretaciones y prácticas que requieren gran pericia. Además, la repetibilidad de tales experimentos no puede ser pensada de modo simplista, ya que, en general, los nuevos experimentos son diseñados en vistas a alcanzar nuevos objetivos, y no se limitan a repetir los anteriormente realizados. Por fin, estas condiciones en las que se desarrolla la actividad científica real son una indicación de que, si bien suelen mantenerse en lo esencial las estipulaciones ya establecidas, los procedimientos experimentales se encuentran en continua evolución.

Por tanto, la imagen ingenua que imagina el control experimental como una serie de procedimientos rutinarios perfectamente estandarizados resulta inadecuada cuando se la aplica a los experimentos tal como en realidad se ejecutan en la actividad de investigación. Esto no significa que el control experimental y la objetividad que de él resulta sean poco rigurosos. Por el contrario, sus garantías crecen cuando se advierte que son el resultado de una actividad planeada e inteligente, sumamente compleja, en la cual desempeñan una función importante las estipulaciones que permiten aplicar con gran sutileza las construcciones teóricas abstractas a las situaciones experimentales inventadas por los investigadores.

4 Ibíd., pp. 163-164.

18.2. *Factores convencionales en la ciencia*

Nos hemos referido repetidamente a la necesidad de adoptar *estipulaciones* o *convenciones* en orden a la construcción de las teorías y a su comprobación experimental, y al papel que esas estipulaciones desempeñan para alcanzar la objetividad científica. Este punto es crucial, y es preciso analizarlo con detenimiento. Para hacerlo, vamos a seguir las ideas de Kurt Hübner, quien ha dedicado un interés especial a este problema. Sus ideas al respecto se resumen así: «Ni los enunciados básicos en la ciencia, ni las leyes naturales, ni los axiomas que pertenecen a las teorías, pueden ser fundamentados sin *preceptos a priori*. Necesitamos tales preceptos cuando efectuamos mediciones con instrumentos, cuando formulamos leyes naturales en forma de funciones, cuando basamos una teoría sobre axiomas, cuando estipulamos reglas para la aceptación o refutación de teorías, y cuando definimos normas para distinguir la ciencia de otras clases de interpretación del mundo»[5].

Los cinco tipos de «preceptos» o «estipulaciones» son denominados por Hübner, respectivamente (según el orden indicado en la cita), «instrumentales», «funcionales», «axiomáticos», «judicativos» y «normativos». Indican acertadamente los tipos básicos de estipulaciones utilizadas en la actividad científica (aunque el término «precepto» puede resultar confuso: es preferible hablar de «estipulaciones» o de «convenciones»).

Las *estipulaciones instrumentales* son necesarias para la medición mediante instrumentos. Incluso los aparatos más elementales de medición exigen la adopción de estipulaciones. El uso de la balanza requiere la aceptación de leyes de la estática y de la dinámica, así como definiciones de las magnitudes básicas. Lo mismo sucede con los amperímetros, voltímetros, termómetros, etc. Las estipulaciones son mayores en número e importancia cuando se trata de dispositivos más complejos tales como el espectrógrafo de masas, y se convierten en un auténtico cúmulo en el caso de procedimientos como los empleados en los detectores de los aceleradores de partículas.

Las *estipulaciones funcionales* se refieren a la expresión formal de las leyes científicas. Tales leyes se expresan en ocasiones utilizando términos ordinarios, y de ese modo se habla, por ejemplo, de la equivalencia entre masa y energía. Pero su formulación cuantitativa exige el empleo de instrumentos matemáticos. Si bien se trata de instrumentos auxiliares, son imprescindibles para conseguir los objetivos de la ciencia.

Las *estipulaciones axiomáticas* incluyen las decisiones mediante las cuales se toman determinados enunciados como axiomas básicos de una teoría. Como

5. K. HÜBNER, Comunicación personal, 16 de febrero de 1987 (se trata de un resumen de sus ideas, amablemente hecho por Hübner a petición del autor). Hübner ha expuesto de modo detallado sus ideas al respecto en: K. HÜBNER, *Crítica de la razón científica*, Alfa, Barcelona 1981.

una misma teoría admite diversas formulaciones, existe siempre un elemento convencional en tales decisiones.

Las *estipulaciones judicativas* determinan las condiciones en que se considera que una construcción teórica debe ser aceptada o rechazada. La comprobación empírica es un proceso en el que intervienen los tres tipos de estipulaciones ya mencionados, de modo que su resultado depende de la aceptación de todo un conjunto de supuestos. En muchos casos, las estipulaciones judicativas servirán para estimar qué debe hacerse en caso de conflicto entre la teoría y el experimento, o sea, si debe reformularse la teoría o ha de ser completada con hipótesis auxiliares, o si es preferible reinterpretar los resultados experimentales. Por ejemplo, es un problema de estimación decidir si una discrepancia determinada entre la teoría y los datos debe considerarse relevante.

Las *estipulaciones normativas* afectan a un problema de fondo que suele denominarse «problema de la demarcación» y se refiere a las relaciones entre el conocimiento de la ciencia experimental y otras modalidades cognoscitivas. Por ahora basta señalar que, como consecuencia de las estipulaciones referentes a los niveles anteriores, también será inevitable que en la caracterización global del conocimiento científico se deba recurrir a decisiones que permitan definir el alcance de la ciencia experimental y su integración dentro del conjunto del conocimiento humano.

La existencia de estos cinco tipos básicos de estipulaciones lleva a Hübner a la conclusión siguiente: «En consecuencia, todos los enunciados empíricos dependen de preceptos a priori, con la excepción de *enunciados metateóricos* del tipo siguiente: Si presuponemos un cierto grupo de enunciados *a priori* del tipo antes mencionado, obtendremos determinados resultados empíricos. Por ejemplo, si suponemos que el espacio es euclídeo, entonces observamos fuerzas gravitacionales; si suponemos que el espacio es un espacio de Riemann, esas fuerzas se desvanecen y todo lo que antes era explicado mediante fuerzas gravitacionales puede ahora ser explicado mediante la curvatura del espacio. La premisa y la conclusión de esos enunciados metateóricos dependen de estipulaciones *a priori*, pero la *relación* del tipo *si* […] *entonces* […] como tal no depende de ellas» [6].

Se trata de una conclusión importante. En efecto, la validez de esos enunciados metateóricos es lo único absoluto que encontramos en el análisis de la ciencia experimental, y pagando un alto precio: en concreto, se ha de admitir todo un conjunto de estipulaciones. La validez de los enunciados científicos es contextual, puesto que depende de un contexto teórico y práctico, que es el conjunto de las estipulaciones admitidas en cada caso. Por consiguiente, la objetividad es igualmente contextual.

6. Íd., Comunicación personal, 16 de febrero de 1987.

Queda por determinar un punto clave. Hasta ahora hemos hablado de las estipulaciones como factores *convencionales* que se admiten sobre la base de acuerdos. Esto es cierto. Pero, ¿puede decirse que esos factores son *arbitrarios*?

Nuestra respuesta es negativa. Desde luego, hay que distinguir matices en la respuesta, según consideremos un tipo u otro de estipulaciones. En el caso de las estipulaciones *instrumentales*, cuando se trata de un nivel próximo al observacional, de hecho se consigue establecer normas muy fiables para el uso de los instrumentos de observación y medición, y también se consiguen resultados precisos cuando se utilizan procedimientos más complejos. En cuanto a las estipulaciones *funcionales* y *axiomáticas*, ambas se encuentran en el plano de las formulaciones teóricas, por lo cual su validez depende de la coherencia interna, el rigor teórico y la utilidad de sus aplicaciones; por lo general, no se les atribuye un valor definitivo. Mayor problema representan las estipulaciones *judicativas*, lo cual explica que las discusiones epistemológicas difícilmente conduzcan a conclusiones definitivas.

Lo más importante para nuestro propósito es señalar que *la existencia de estipulaciones no aumenta la arbitrariedad, sino que la disminuye*. En efecto, una vez que se ha admitido un conjunto de estipulaciones, el ámbito de lo que es aceptable queda bien definido. Es precisamente la existencia de estipulaciones lo que lleva de la mano a la intersubjetividad característica de la ciencia experimental.

La utilización de estipulaciones no impide la intersubjetividad, *sino que la hace posible*. Además, las estipulaciones pueden ser fundamentadas y, si bien representan un factor convencional, *no son arbitrarias*. La utilización de estipulaciones es un recurso necesario, dado que los objetivos de la ciencia experimental exigen la construcción de teorías, la realización de experimentos, y además que ambos aspectos se relacionen, y todo ello sería imposible si no se establecieran criterios para interpretar las construcciones teóricas, los procedimientos experimentales y las relaciones entre ellos.

Las dificultades en contra de la intersubjetividad científica suelen originarse, de modo paradójico, cuando se desea establecerla sobrepasando las posibilidades reales. En efecto, el deseo de fundamentar la intersubjetividad sobre unas bases rigurosamente lógicas lleva, en ocasiones, a exigir que en la ciencia experimental se dé una *demostrabilidad lógica* perfecta, o sea, que las demostraciones puedan formularse mediante argumentos que sólo incluyan nexos lógicos. Sin embargo, el análisis de la actividad científica real muestra de modo inequívoco que, de hecho, se utilizan estipulaciones de diversos tipos, que no pueden reducirse lógicamente a una base inconmovible o definitiva. De ahí resulta que la *demostrabilidad lógica perfecta* aparece como una tarea irrealizable. Como consecuencia, si ese tipo de demostrabilidad se identifica con la intersubjetividad científica, ésta deberá considerarse inalcanzable. Lo que de hecho se consigue es una *demostrabilidad contextual*, relativa al contexto de las estipulaciones adoptadas que, a su vez, están sujetas a modificaciones.

Hasta ahora nos hemos centrado en la intersubjetividad. A continuación vamos a considerar los problemas relacionados directamente con la verdad de los enunciados científicos.

18.3. *Dimensiones de la verdad científica: verdad sintáctica, pragmática y referencial*

El problema de la verdad ocupa un lugar central en la epistemología. En efecto, la actividad científica busca el conocimiento de la naturaleza, y para ello recurre a construcciones teóricas que no son meras traducciones de la realidad. Esas construcciones, y los métodos utilizados para comprobar experimentalmente su valor, se apoyan en supuestos convencionales. ¿Qué puede decirse, en esas condiciones, acerca de la verdad de los enunciados de la ciencia experimental?

Hemos distinguido dos sentidos de la objetividad científica: uno «débil», que se identifica con la intersubjetividad, y otro «fuerte», que se refiere a la verdad. En el apartado anterior hemos analizado el primero, y hemos señalado que la existencia de supuestos convencionales no sólo no impide la intersubjetividad, sino que es una condición que la hace posible. Una vez establecidas las bases de una objetivación rigurosa, se obtienen demostraciones intersubjetivas igualmente válidas, si bien se trata siempre, en ese ámbito, de demostraciones contextuales, ya que su validez se refiere al contexto teórico y práctico de cada objetivación particular.

Sobre esa base abordamos ahora el estudio de la objetividad en sentido fuerte, o sea, de la correspondencia de las construcciones científicas con la realidad. Proponemos una perspectiva realista, según la cual la ciencia experimental proporciona conocimientos verdaderos acerca de la realidad. Sin embargo, no se trata de un realismo ingenuo, puesto que las construcciones teóricas no son meras traducciones de la realidad, y además incluyen factores convencionales: afirmar su verdad exige importantes matizaciones y admite diferentes grados en los diversos casos posibles.

a) *Demostrabilidad contextual y referencial*

A primera vista, el hecho de que podamos demostrar contextualmente determinados enunciados no parece decir nada a favor de su verdad. En efecto, es posible construir arbitrariamente contextos que tengan poca o ninguna relación con la realidad y que, sin embargo, permitan formular enunciados rigurosamente demostrables dentro del contexto respectivo. Por ejemplo, si admitimos toda la física aristotélica, podemos «demostrar» que los cuatro elementos se transforman entre sí; en cambio, si admitimos el modelo estándar actual de fuerzas y partículas, podemos «demostrar» que los mesones están compuestos de quarks. Ambas

demostraciones pueden ser correctas, cada una en su contexto. Sin embargo, tendemos a rechazar la primera y a aceptar la segunda. Admitamos, de acuerdo con el estado actual de los conocimientos, que en el modelo estándar de los procesos elementales se encuentran muchos enunciados bien establecidos, o sea, cuya demostrabilidad contextual es rigurosa. ¿Estamos autorizados a afirmar que esos enunciados son verdaderos?

Ante todo, hemos de delimitar *la noción de verdad*. Es evidente que la verdad de un enunciado no implica una semejanza material entre el enunciado y la realidad, puesto que los enunciado se componen de signos, y la realidad está compuesta por entidades, propiedades y procesos. La verdad existe cuando lo que afirmamos corresponde a la realidad, pero esa correspondencia debe valorarse teniendo en cuenta el significado de los signos lingüísticos que utilizamos. Por ejemplo, si afirmo «la nieve es blanca», para comprobar la verdad de ese enunciado debo remitirme al significado de los términos «nieve» y «blanco». Esos términos tienen un significado en el lenguaje ordinario y, mediante tal significado, se refieren a aspectos de la realidad. En este caso concreto, los significados y las referencias son claros, y puedo afirmar que el enunciado es verdadero. Aunque no exista semejanza alguna entre los términos y la realidad, el uso lingüístico ha establecido una correspondencia entre ellos. En la ciencia experimental se recurre a términos especializados. Por tanto, al afirmar que un enunciado científico es verdadero, se afirma que su contenido corresponde a situaciones reales cuando se tiene en cuenta el significado y la referencia de los términos que lo componen y, además, resulta que esos términos se relacionan del modo preciso indicado en el enunciado.

Este último aspecto es fundamental. Supongamos, por ejemplo, que el enunciado en cuestión es una relación matemática cuyos componentes son derivadas (en sentido matemático) de ciertas magnitudes. Obviamente una derivada es una construcción matemática que, si bien puede recibir un significado físico, en sí misma no se refiere a ningún aspecto de la realidad, y lo mismo sucede con las operaciones matemáticas que relacionan unas derivadas con otras, incluyendo su suma o su producto. También entonces es posible hablar de la verdad de los enunciados. Sólo hay que advertir que lo que un enunciado afirma es algo acerca de los valores que resultan al operar matemáticamente con los valores medidos de las magnitudes. Si se dispone de definiciones de las magnitudes, de estipulaciones acerca de las operaciones matemáticas, y de estipulaciones sobre la correspondencia entre los resultados de experimentos controlados y los valores de las operaciones matemáticas con las magnitudes, entonces puede comprobarse si el enunciado corresponde o no a la realidad. La correspondencia no será inmediata o intuitiva, pero eso carece de importancia.

La verdad de los enunciados científicos debe valorarse teniendo en cuenta las diferentes modalidades de su formulación. Cuando se afirma que un enunciado científico es verdadero no se pretende establecer una correspondencia intuiti-

va entre ese enunciado y la realidad; se afirma que, si interpretamos el significado y la referencia de los términos científicos de acuerdo con las definiciones establecidas, y relacionamos esos términos según las modalidades establecidas por el enunciado, obtendremos resultados que corresponderán a situaciones reales, tal como vienen dadas mediante la observación y la experimentación.

Si admitimos que cada objetivación incluye la definición de predicados básicos y criterios operacionales, y que los enunciados científicos se construyen de modo que sean coherentes con la respectiva objetivación, obtenemos un resultado de gran interés: que *la demostrabilidad contextual implica la demostrabilidad referencial*. En efecto, la demostrabilidad contextual de un enunciado implica que los significados y referencias de los términos están bien establecidos, y que lo mismo sucede con los métodos de operación teórica y experimental. Por tanto, una demostración contextual proporciona automáticamente el significado y la referencia de lo que se demuestra. Dicho en otras palabras, una pregunta ulterior acerca de la verdad del enunciado demostrado o de su significado no añadirá nada nuevo.

Sin embargo, las ideas científicas se presentan, en ocasiones, acompañadas de ideas filosóficas dudosas o erróneas, que de modo accidental han supuesto a veces un impulso y a veces un lastre en el progreso científico. La mecánica clásica estuvo en parte inspirada en un mecanicismo filosófico que finalmente se mostró innecesario. Las teorías sobre la evolución han sido impulsadas en ocasiones por el afán de defender ideas materialistas que sobrepasan el ámbito científico, e incluso llegan a ser un obstáculo para el progreso porque tienden a dar carácter definitivo a conclusiones parciales en detrimento de nuevas ideas. La física cuántica se presenta a veces asociada a puntos de vista subjetivistas que son incompatibles con el valor real de los conocimientos conseguidos y frenan también la investigación de nuevas perspectivas en una línea realista. Por consiguiente, cuando afirmamos que la demostrabilidad contextual implica la demostrabilidad referencial, debe entenderse que esto sólo es cierto si las demostraciones científicas son rigurosas. En cambio, si las demostraciones contienen interpretaciones que no están contenidas en la objetivación adoptada ni en las estipulaciones convenidas, nada garantiza que las conclusiones sean referencialmente correctas. En la práctica suele ser imprescindible recurrir al análisis lógico, metodológico y filosófico para conseguir una delimitación correcta de las demostraciones referenciales.

En definitiva, *si las demostraciones científicas son rigurosas, los enunciados científicos se refieren a la realidad en el sentido preciso que viene dado por las demostraciones contextuales*. Por ejemplo, el tipo de realidad que corresponde a un electrón vendrá dado por el conjunto de enunciados bien establecidos acerca de los electrones, teniendo en cuenta el contexto de objetivación en el que esos enunciados se formulan; y algo semejante sucede acerca de los enunciados que formulan leyes, o establecen la existencia de propiedades, estructuras y procesos.

b) *La verdad parcial*

Un aspecto especialmente relevante de la verdad científica es su carácter parcial. Se trata de una consecuencia de lo expuesto en el apartado anterior. En efecto, si la verdad de cualquier enunciado debe ser valorada con referencia al contexto en el que se formula, es obvio que siempre será posible obtener nuevas verdades mediante el progreso de los recursos conceptuales e instrumentales disponibles en cada momento. *Debido a que la verdad científica es contextual, es también parcial*.

Esto puede ser difícil de comprender si se adopta una idea de la verdad en la que ésta viene identificada con una especie de entidad con consistencia propia, como si se identificara incluso con la realidad sin más. Entonces se pensará que la realidad es como es, independientemente de nuestros métodos cognoscitivos, y que alcanzar la verdad significa atrapar un trozo de esa realidad, de modo que, una vez logrado esto, no cabría un ulterior progreso en la misma línea. La verdad sería algo que no podría experimentar progreso, y no tendría sentido hablar de verdad parcial.

Tal idea no carece de fundamento. Es cierto que la realidad es como es. Podemos intervenir sobre ella, interfiriendo en sus procesos, pero lo que resultará serán procesos, hechos, realidades, que en sí mismos tendrán una consistencia propia, independientemente de cómo los apreciemos desde nuestro punto de vista. En este sentido se habla en filosofía de la *verdad ontológica*, que es la verdad de la realidad misma. Si no se admitiera la existencia de esa verdad ontológica, ni siquiera tendría sentido hablar de un auténtico conocimiento de la realidad, puesto que no habría ningún punto de referencia real. Sin embargo, el problema que aquí planteamos se refiere a lo que suele denominarse *verdad lógica*, que se da cuando nuestro conocimiento se adecua a la realidad. *En este sentido, la verdad es una propiedad de nuestros enunciados, que son verdaderos cuando corresponden a la realidad y son falsos cuando no se da tal adecuación*. Se sobreentiende que la realidad existe y puede ser conocida (verdad ontológica), pero ahora nos referimos a la verdad de nuestro conocimiento (verdad lógica). Por tanto, aplicamos el concepto de «verdad» a los enunciados.

En la ciencia experimental estudiamos algún aspecto de la realidad adoptando un punto de vista determinado por predicados básicos y criterios operativos. Por ejemplo, el contexto de la mecánica clásica viene fijado por las definiciones de los conceptos de masa, longitud y tiempo, y por los criterios para interpretar las operaciones realizadas con balanzas, reglas y cronómetros. Es obvio que ese punto de vista no agota la realidad. Pero también lo es que la verdad de los enunciados de la mecánica clásica deberá juzgarse en relación con ese contexto. Tales enunciados no son «verdades» absolutas, independientes de todo contexto conceptual y experimental; sin embargo, si están bien comprobados, son verdaderos en relación con el correspondiente contexto. De este modo, suponiendo que estén bien comprobados, *la verdad de los enunciados es simultáneamente auténtica y*

parcial: los enunciados bien fundamentados se refieren a la realidad, pero contemplándola bajo el punto de vista implicado por la objetivación respectiva, y por tanto dejando campo abierto para ulteriores modificaciones de la objetivación y, por supuesto, para perspectivas que caen fuera de ella.

Un enunciado será verdadero o falso respecto al contexto en el que se definen los términos que lo componen. Por ejemplo, si se afirma que el diámetro típico de un átomo es del orden de un agnstrom (diez mil millonésimas de metro), o que el brillo de Sirio tiene una magnitud de -1,58, tales enunciados sólo tienen sentido en contextos en los que se dispone de conceptos adecuados de «átomo» y «brillo estelar» y de procedimientos para medir las magnitudes de que se habla. La verdad de un enunciado científico no es absoluta, o sea, independiente de todo marco conceptual y experimental; es relativa a tales marcos o contextos. Pero esto nada tiene que ver con un relativismo subjetivista, ya que los contextos se formulan de modo objetivo y lo mismo sucede con las demostraciones, en las que siempre se ha de contar con los resultados de los experimentos.

Una objetivación concreta, por muy acertada que sea, no agota todo lo que puede decirse acerca del ámbito de la realidad que se estudia. La mecánica clásica trata de objetos que remiten, en último término, a propiedades tales como la masa, la distancia, el tiempo, las fuerzas y los diversos tipos de energía, que se definen mediante procedimientos teóricos y experimentales específicos. Si se formulan nuevas leyes, tal como sucede en la teoría de la relatividad, cambia el objeto de la teoría, de modo que un enunciado verdadero en mecánica clásica puede resultar falso en la relatividad. Sin embargo, ese enunciado sigue siendo verdadero en el contexto de la mecánica clásica. Si se aplica la mecánica clásica a fenómenos en los que las velocidades que intervienen son muy inferiores a la de la luz y los cuerpos que se consideran tienen un tamaño mucho mayor que el de los átomos, entonces pueden formularse enunciados que no sólo son verdaderos contextualmente, sino que permiten intervenir con éxito y de modo controlado en los fenómenos considerados: por tanto, nada impide decir que esos enunciados son verdaderos, con una verdad auténtica, pero parcial.

Agazzi explica en concepto de «verdad parcial» en los términos siguientes: «... la verdad científica es siempre "parcial", en el preciso sentido de que siempre es "relativa" a un dominio de objeto que ha de ser limitado, puesto que corresponde a un corte en la realidad que se opera adoptando únicamente un "punto de vista" determinado y estableciendo además métodos estandarizados para realizar comprobaciones empíricas en el interior de ese mismo punto de vista limitado. Se da por tanto una doble limitación (o "parcialidad"): una que proviene de la elección de un punto de vista particular, y otra que depende de una elección particular de instrumentos de investigación admitidos en el interior de ese punto de vista. Se sigue de aquí que otras "objetivaciones" son siempre posibles y legítimas»[7].

7. E. AGAZZI, «Verité partielle ou approximation à la verité?», en: AA. VV., *La nature de la verité scientifique*, Ciaco, Louvain-la-Neuve 1986, pp. 111-112.

Por consiguiente, cuando se habla de verdad parcial no es necesario pensar en un conocimiento defectuoso. Todos los enunciados científicos, incluso los más precisos, se refieren a una objetivación concreta y a unos determinados medios experimentales, y en ese sentido la verdad que se les puede atribuir es siempre parcial. Por supuesto, el uso de instrumentos implica que debe contarse con márgenes de aproximación, y ésta es otra dimensión del carácter parcial de la verdad científica.

Para precisar aún más el concepto de verdad científica, consideraremos a continuación las tres dimensiones implicadas en ese concepto: el significado lingüístico, la referencia del lenguaje a la realidad, y la aplicación de las construcciones teóricas para resolver los problemas científicos.

c) *Sintaxis, semántica y pragmática*

Podemos referirnos a la verdad bajo tres aspectos: el contextual, el pragmático y el de correspondencia con la realidad.

Un enunciado es verdadero *contextualmente* cuando satisface las reglas de validez de un determinado contexto teórico. Una vez fijadas las estipulaciones de una teoría, se debe afirmar la verdad de los enunciados que mediante ella se demuestran. Por tanto, la validez intersubjetiva de una construcción teórica garantiza su verdad contextual. Este nivel se relaciona con el aspecto sintáctico de la ciencia experimental, o sea, con su lenguaje.

Desde el punto de vista *pragmático*, un enunciado es verdadero si permite resolver los problemas científicos que nos planteamos. Podría parecer que esto introduce aspectos que escapan al nivel sintáctico recién considerado, pero no es así. En efecto, el lenguaje de la ciencia experimental no es puramente formal, puesto que la construcción del objeto de una teoría implica que se establezcan relaciones precisas entre teoría y experimentación, de modo que las demostraciones contextuales siempre contienen una referencia a los datos experimentales. Por consiguiente, cuando las demostraciones contextuales están bien establecidas, o sea, cuando se consigue relacionarlas con la experimentación, entonces puede afirmarse su verdad pragmática, puesto que es posible aplicarlas a la explicación y control de los problemas fácticos.

Puede verse ahora con más claridad por qué hemos afirmado que *la demostrabilidad contextual garantiza automáticamente la demostrabilidad referencial*. En efecto, una vez que establecemos la verdad contextual y pragmática, queda fijada la correspondencia con la realidad. Los enunciados se refieren al modelo ideal definido en la objetivación respectiva, y ese modelo se refiere a la realidad a través de un conjunto de criterios operativos. Por tanto, los enunciados que son válidos en el contexto de las condiciones teóricas y prácticas establecidas, se corresponden con la realidad dentro de esos límites, según las modalidades diversas de cada caso.

Por tanto, *alcanzamos conocimientos auténticos que al mismo tiempo son parciales, aproximativos y perfectibles*. Parciales, porque sólo se refieren a los aspectos de la realidad que son accesibles a la objetivación correspondiente. Aproximativos, porque las construcciones teóricas corresponden a la realidad dentro de un margen impuesto por las posibilidades teóricas y experimentales disponibles. Y por consiguiente perfectibles, ya que podemos conseguir objetivaciones más profundas y exactas.

18.4. *El realismo científico*

El *realismo* es una posición filosófica según la cual podemos alcanzar conocimientos verdaderos acerca de la realidad. Evidentemente, los razonamientos recién expuestos nos llevan a una posición realista. Se trata de un realismo auténtico y, al mismo tiempo, matizado por el carácter contextual y parcial de la verdad científica. Vamos a analizar algunos aspectos de este realismo.

a) *La intención realista de la actividad científica*

Sin duda, la actividad científica se dirige a conocer la realidad. Cuando el científico habla de elementos químicos, átomos, electrones, ácidos nucleicos o galaxias, pretende referirse a aspectos reales de la naturaleza. Pero lo hace utilizando un lenguaje artificial, que se refiere directamente a objetos que son construcciones nuestras. Sin duda, el punto de partida son entidades, propiedades y procesos accesibles a la experiencia ordinaria, pero sobre esa base se definen otras entidades, propiedades y procesos que pertenecen a modelos ideales cuya referencia a la realidad no es inmediata. Las construcciones teóricas son el instrumento mediante el cual se busca conocer la realidad, pero no son meras traducciones de ella.

Esto significa que la referencia a la realidad ha de ser valorada en cada caso teniendo en cuenta la intención de los científicos al construir su lenguaje. No nos referimos a intenciones meramente subjetivas, sino a las que quedan fijadas mediante las definiciones y criterios operacionales, incluyendo las estipulaciones oportunas. Por ejemplo, la masa, el volumen, la temperatura y la intensidad eléctrica son características que se definen en relación con métodos experimentales; en cambio, la función lagrangiana en mecánica o el espín isotópico en física de partículas no tienen una referencia inmediata a la realidad. Para subrayar expresamente el carácter instrumental de algunos conceptos, en la física de partículas se han introducido términos tomados de la vida ordinaria que de ningún modo pueden corresponder a propiedades reales de las partículas subatómicas, tales como «color», «encanto» y «extrañeza».

Algunos términos de ese tipo tienen un carácter meramente instrumental, tal como sucede con los términos matemáticos que sólo se utilizan para hacer posi-

ble la formulación matemática y las demostraciones formales: por ejemplo, esto sucede con construcciones tales como las integrales, los tensores, las matrices o los espacios de n dimensiones. En cambio, otros tienen una referencia a la realidad, aunque sea de modo secundario, ya que se construyen utilizando términos dotados de esa referencia: por ejemplo, la función lagrangiana representa la diferencia entre las energías cinética y potencial de un sistema, y por tanto tiene un significado físico que se determina mediante las definiciones de esos tipos de energía.

Por supuesto, no siempre es fácil determinar el valor referencial de las construcciones teóricas. Un caso bien conocido es el de la mecánica cuántica. Cuando esta teoría se formuló en la década de 1920, inmediatamente surgieron discusiones acerca de su interpretación entre los grandes físicos que habían intervenido en la construcción de esa teoría, y las discusiones no han cesado con el final del siglo XX. Este ejemplo ilustra las dificultades que pueden encontrarse cuando se intenta determinar el valor referencial de las construcciones teóricas. Como es lógico, las dificultades son mayores cuando se estudian objetos muy alejados de nuestra experiencia ordinaria, puesto que entonces las posibilidades de control experimental son muy indirectas.

b) *El realismo en las diferentes disciplinas*

Podemos hablar de la existencia de *grados de realismo* en las diferentes disciplinas científicas. Aunque las construcciones científicas bien comprobadas siempre se refieren a la realidad de acuerdo con las modalidades propias de cada caso, en algunas disciplinas esa referencia es más fácil de apreciar, porque se estudian objetos que se relacionan de modo más inmediato con la observación. Es relativamente fácil establecer la verdad de nuestros conocimientos en muchas áreas de la química, de la biología y de la geología, que estudian sistemas organizados que se pueden representar incluso imaginativamente. En cambio, es mucho más difícil conseguirlo en la microfísica, ya que las partículas subatómicas tienen dimensiones muy pequeñas y deben estudiarse mediante construcciones teóricas muy abstractas cuya comprobación experimental necesariamente es indirecta, y algo semejante ocurre, por el otro extremo, en la astrofísica, cuando se estudian objetos enormemente alejados de nosotros, aunque en este caso es posible representar imaginativamente lo que se estudia.

Autores muy diferentes (en el capítulo III nos referimos a Ronald N. Giere y Ernan McMullin) transmiten un mensaje semejante: que *el realismo depende del nivel de organización del objeto que estudiamos*. Es evidente que la geología tiene un sentido claramente realista: cuando un geólogo explica cómo se ha formado la corteza terrestre, propone una explicación real. El biólogo evolucionista intenta proponer una representación del curso real de los acontecimientos e intenta determinar sus causas. Algo semejante sucede en la química y en la astrofísica. En cam-

bio, las teorías cuánticas de campos proponen modelos matemáticos muy abstractos que se refieren a la realidad de un modo mucho más indirecto y sofisticado.

c) *Realismo científico y realismo filosófico*

Las discusiones sobre el realismo continúan en la actualidad. Uno de los ámbitos donde las discusiones son mayores sigue siendo la interpretación de la mecánica cuántica, donde la «subjetivista» parece prevalecer sobre la «objetivista»[8]. En el ámbito de la epistemología, dejando aparte las interpretaciones sociológicas extremas que prácticamente no se plantean el problema del realismo, Bas C. Van Fraassen ha propuesto una interpretación de tipo instrumentalista que se sitúa en el extremo antirrealista[9]; Larry Laudan propone una posición que pretende situarse más allá del realismo y del relativismo clásicos[10]; Ian Hacking ha formulado una nueva versión realista que se suele denominar «experimentalismo», debido a su insistencia en la importancia de los factores experimentales[11]; Ernan McMullin[12] y Ronald Giere[13] se han decantado por un realismo que matiza los diferentes casos posibles.

Giere advierte que «la mayoría de las objeciones en contra del realismo pertenecen a una de estas dos categorías: conceptual y epistemológica. Las objeciones *conceptuales* cuestionan que el realismo pueda formularse como una tesis coherente que no sea ni vacía ni obviamente falsa. Muchas de esas objeciones también se podrían llamar semánticas, porque gravitan en torno al significado de la "verdad" para las pretensiones teóricas. En concreto, ¿tiene sentido, con respecto a las pretensiones teóricas, una teoría de la verdad como correspondencia? Las objeciones *epistemológicas*, en cambio, suelen conceder que las pretensiones realistas tienen sentido. Sin embargo, cuestionan que pueda existir, en general, una justificación adecuada para las pretensiones realistas. En concreto, ¿puede justificarse alguna inferencia desde el éxito experimental hasta la verdad de una hipótesis teórica?»[14].

8. La bibliografía sobre este tema es muy amplia, y las interpretaciones filosóficas muy variadas, e incluso, en ocasiones, un tanto disparatadas. Puede verse al respecto: P. DAVIES y J. R. BROWN (eds.), *The Ghost in the Atom. A Discussion of the Mysteries of Quantum Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1986.

9. Cfr. B. C. VAN FRAASSEN, *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford 1987.

10. Puede verse, por ejemplo: L. LAUDAN, «Explaining the Success of Science: Beyond Epistemic Realism and Relativism», en: J. T. CUSHING, C. F. DELANEY y G. M. GUTTING (eds.), *Science and Reality. Recent Work in the Philosophy of Science*, University of Notre Dame Press, Notre Dame 1984, pp. 83-105.

11. Cfr. I. HACKING, *Representing and Intervening*, cit.

12. Cfr. E. MCMULLIN, «A Case for Scientific Realism», en: J. LEPLIN, *Scientific Realism*, University of California Press, Berkeley 1984, pp. 8-40.

13. Cfr. R. N. GIERE, *Explaining Science: A Cognitive Approach*, cit.

14. Ibíd., p. 92.

Ya hemos ofrecido algunas aclaraciones sobre estos interrogantes, defendiendo la legitimidad de un realismo moderado según el cual, cuando conseguimos comprobar la validez de las construcciones teóricas en un contexto científico bien definido, podemos afirmar que corresponden a la realidad de acuerdo con las diferentes modalidades de los distintos contextos. Podemos añadir ahora que el realismo que estamos exponiendo supone una base filosófica realista, de tal modo que las objeciones que se plantean frente al realismo científico pueden ser, en parte, el resultado de un punto de partida anti-realista de tipo filosófico. Esto podría parecer un inconveniente, puesto que el realismo científico dependería de doctrinas filosóficas sobre las cuales existen discrepancias. Sin embargo, es fácil reconocer que el realismo filosófico que se requiere para valorar el conocimiento de la ciencia experimental está ya implícito en la actividad científica. En efecto, la función central que desempeña en la ciencia el control experimental es incompatible con doctrinas idealistas, empiristas o escépticas. La exigencia de control experimental implica una postura realista. Por tanto, sólo es necesario explicar lo que de hecho se admite implícitamente en la ciencia. Por otra parte, la base filosófica a que nos referimos es una dosis mínima de realismo que puede ser justificada sin mayor dificultad. La posibilidad de alcanzar un acuerdo intersubjetivo se explica gracias a la existencia de esa base común, que sintetizaremos en los tres puntos siguientes.

En primer lugar, *existe en la naturaleza un orden que puede ser captado por el entendimiento humano*. Esta afirmación comprende tres aspectos. Primero, que existen unas estructuras reales, un orden que no es creado por el conocimiento humano, que tiene una consistencia propia. Segundo, que esas estructuras son inteligibles, de modo que el orden interno de la naturaleza puede ser conocido por el hombre. Y tercero, que el hombre posee efectivamente la capacidad para penetrar en ese orden real. La existencia misma de la ciencia experimental y su progreso confirman la validez de estas afirmaciones. Cuanto mayor es el progreso científico, es más patente la existencia de leyes que llegan a ser conocidas y utilizadas para un dominio controlado de la naturaleza. En este sentido, *el progreso científico constituye una prueba positiva del realismo y, a la vez, amplía y precisa el realismo supuesto por la actividad científica*. Una visión subjetivista de la ciencia deberá enfrentarse con el hecho de que, si bien la formulación de las construcciones teóricas es una invención nuestra, su comprobación y aplicación no pueden realizarse de modo arbitrario. Las doctrinas de tipo subjetivista o escéptico resultan incoherentes con los resultados alcanzados mediante la ciencia, y deben abandonarse en el momento en el que se comienza a trabajar en la ciencia experimental.

En segundo lugar, *es posible alcanzar la certeza en la posesión de la verdad*. La verdad se encuentra en el plano objetivo, ya que expresa la adecuación entre nuestros enunciados y la realidad. En cambio, la certeza se encuentra en el plano subjetivo, pues se refiere al grado de seguridad subjetiva con que se afirma algo como verdadero o falso. El problema filosófico en este ámbito es el de la le-

gitimidad de la certeza: ¿existen fundamentos sólidos que nos permitan estar ciertos acerca de la verdad o falsedad de nuestros enunciados? El realismo responde afirmativamente. El conocimiento humano de la realidad tiene muchos e importantes límites. Pero ello no impide que tal conocimiento se dé: el conocimiento de la realidad puede ser a la vez parcial y verdadero. Podemos alcanzar certeza, aunque en el grado propio de cada tipo de conocimiento: sólo las verdades metafísicas fundamentales poseen una necesidad completa y pueden conducir, por tanto, a la mayor certeza. En el mundo físico la necesidad está mezclada con la contingencia y, por consiguiente, no siempre es fácil obtener certezas concluyentes. En este ámbito, las dificultades suelen provenir de un prejuicio racionalista, que sólo admitiría la legitimidad de una certeza absoluta y perfecta que, por lo general, nos resulta inalcanzable. La experiencia del error es compatible con una actitud realista, e incluso puede advertirse que sólo es posible hablar del error si somos capaces de distinguirlo de la verdad.

En tercer lugar, *existe continuidad entre el conocimiento ordinario y el de la ciencia experimental*. La actividad científica se apoya continuamente sobre el conocimiento ordinario. Pero existe además otra importante relación entre ambos: que los cánones básicos de validez son fundamentalmente idénticos en los dos casos. Ciertamente, son grandes las diferencias entre los procedimientos utilizados, pero la valoración del conocimiento siempre depende, en definitiva, de la experiencia y del razonamiento correcto. Aunque, en ocasiones, el progreso científico pueda exigir el abandono de perspectivas precientificas, en esos casos lo que se supera son imágenes de la realidad que se apoyaban sobre una evidencia insuficiente.

Sin duda, el realismo filosófico puede ser objeto de análisis más detallados. Pero esos análisis no afectan a la dosis mínima de realismo que está supuesta por la actividad científica. Si no se aceptan las bases realistas que hemos mencionado, será muy difícil, e incluso imposible, dar razón de la ciencia experimental y de sus logros efectivos.

d) *La realidad de las entidades científicas*

Para completar nuestro análisis del realismo nos referiremos, a continuación, al tipo de realidad que puede atribuirse a las diferentes construcciones científicas. Centraremos nuestra atención en ocho tipos principales de construcciones: los enunciados observacionales, las leyes experimentales, los principios generales, los sistemas teóricos, las entidades, las propiedades, los procesos y las estructuras.

Los *enunciados observacionales* expresan datos empíricos. Su valoración dependerá del tipo de estipulaciones instrumentales adoptadas. Por ejemplo, los valores de magnitudes que están relacionadas con la experimentación de modo muy inmediato se determinan ordinariamente con gran precisión en fenómenos

observables y pueden contrastarse entre sí los resultados obtenidos mediante diferentes procedimientos; también en estos casos se debe recurrir a estipulaciones, pero se trata de leyes e interpretaciones sólidamente establecidas. En cambio, la medición de propiedades de partículas subatómicas requiere toda una cadena de interpretaciones que se refieren a entidades cuya representación es problemática; en esas condiciones, se obtienen datos muy precisos, pero existen serias dificultades para establecer su correlato real. Otro tipo de dificultades surgen cuando las posibilidades de control experimental son imprecisas, tal como sucede cuando se determina la distancia de estrellas lejanas o de galaxias, o cuando se pretende datar fósiles muy antiguos, ya que, en esos casos, los propios fundamentos de los métodos empleados no permiten gran precisión, y debe recurrirse a estimaciones.

Las *leyes experimentales* son enunciados que contienen magnitudes que se definen operacionalmente. Por tanto, son verdaderas dentro de los límites de precisión propios de las operaciones respectivas. Desde luego, siempre tienen un carácter aproximativo, que depende de la precisión de los instrumentos utilizados y de la validez de la ley misma; sin embargo, una ley bien comprobada será verdadera dentro de los límites del caso. La verdad de un enunciado nada tiene que ver con su carácter pictórico o representativo; para que un enunciado sea verdadero, basta que lo que en él se enuncia corresponda con la realidad del modo establecido en el lenguaje utilizado.

Los *principios generales*. En ocasiones, se trata de leyes experimentales que se aplican a ámbitos muy variados de fenómenos, en cuyo caso puede afirmarse su verdad en el mismo sentido que para las leyes experimentales; esto sucede, por ejemplo, con el principio de conservación de la energía, que se extiende a las diversas clases de energía y a todo tipo de procesos y, por tanto, a un ámbito muy amplio de posibilidades. En otras ocasiones, los principios generales expresan requisitos formales: por ejemplo, principios de simetría que exigen la invariabilidad de determinadas expresiones cuando cambian ciertas circunstancias. Un principio de esta clase no es propiamente verdadero, sino que se trata de una estipulación funcional, a no ser que se consiga proporcionar un significado realista del requisito en cuestión. Tal es el caso de los principios de simetría que se utilizan, por ejemplo, en las modernas teorías de campos. Cuando, como sucede con la selección natural, se trata de una afirmación fáctica que no puede comprobarse en toda su generalidad, entonces tampoco se puede atribuir a ese principio una verdad general.

Los *sistemas teóricos*, en su forma ideal, se supone que están perfectamente formalizados e incluyen sólo enunciados bien establecidos. En ese caso, no habría inconveniente en decir que un sistema es verdadero, pero siempre en relación con el contexto propio, determinado por la objetivación y las estipulaciones correspondientes. Por ejemplo, ése es el caso de teorías que, como la mecánica clásica o la termodinámica, admiten formulaciones rigurosas y poseen ámbitos de aplicación bien delimitados. Siempre se tratará de una verdad relativa a con-

textos teóricos y experimentales limitados. Como en la investigación se buscan nuevos conocimientos, fácilmente encontraremos sistemas que, aun estando bien establecidos, incluyen aspectos hipotéticos. Existen sistemas que, como sucede con la relatividad general, sirven como base para importantes estudios, pero difícilmente pueden considerarse globalmente verdaderos, dado que no son muchos los aspectos que pueden someterse a control experimental inmediato. Por fin, es difícil encontrar sistemas rigurosos fuera del ámbito de las disciplinas matematizadas, y por este motivo la verdad de muchas teorías de la química o de la biología deberán examinarse deteniéndose en cada uno de los enunciados que las componen.

Con respecto a las *entidades*, en muchos casos se obtienen demostraciones rigurosas acerca de la existencia de entidades antes desconocidas: por ejemplo, es el caso de los elementos químicos, de las partículas subatómicas, de las galaxias, de los ácidos nucleicos, de los genes, etc. La realidad de tales entidades puede afirmarse sin dificultad. Sin embargo, eso no equivale a considerarlas como algo perfectamente comprendido y definitivamente establecido en todos sus detalles. En los casos recién mencionados, suele darse un largo proceso en el que, después de tanteos hipotéticos, se consigue establecer sólidamente la realidad de las entidades, que quedan siempre abiertas a una comprensión mejor de su naturaleza y función. En definitiva, también en este caso se da una verdad relativa a un contexto, y por tanto se da una realidad que es conocida parcialmente, bajo determinados puntos de vista, y que permanece abierta a determinaciones más precisas.

En los ámbitos de las *propiedades*, los *procesos* y las *estructuras*, valen las mismas consideraciones que acaban de exponerse con respecto a las entidades. Se trata de aspectos de la realidad que tienen cierta consistencia propia. En todos estos casos, solemos conseguir una idea unitaria que refleja aspectos de la realidad: electrón, gen, intensidad de campo, energía calorífica, radioactividad, difracción, enlace covalente, polipéptido, etc. Cada una de estas ideas sintetiza, en cierto modo, el conjunto de conocimientos que hasta el momento se han conseguido acerca de la entidad, propiedad, proceso o estructura correspondiente. En los casos más favorables obtenemos conocimientos que corresponden directamente a la realidad: por ejemplo, la estructura en doble hélice del ADN, incluyendo su composición química detallada, es algo real; pero esa estructura es el resultado de procesos físicos más profundos que se conocen sólo en parte, y si continuamos nuestras preguntas, llegaremos a un nivel físico en el que prevalecen las conjeturas. Podemos, pues, distinguir diversos niveles en nuestro conocimiento de la realidad, siendo posible que obtengamos conocimientos ciertos en un nivel a pesar de que existan zonas oscuras en el conocimiento de los niveles más profundos. Esto es coherente con cuanto se ha expuesto sobre la verdad auténtica, pero parcial, y una vez más nos recuerda que, cuando hablamos acerca de la realidad de los entes científicos, necesariamente hemos de tener en cuenta el contexto de la objetivación a la que nos estamos refiriendo.

18.5. *El falibilismo*

En la epistemología contemporánea se encuentra muy extendido el *falibilismo*, según el cual nunca podemos alcanzar conocimientos ciertos. La clave puede encontrarse en la epistemología de Karl Popper, cuyos puntos de vista sobre este tema se han convertido prácticamente en un lugar común.

Popper se proclama realista: «... sostengo el realismo porque constituye una parte del sentido común que, hasta ahora, no se ha visto alcanzado por la crítica y que no tenemos razones para abandonar» [15]. Y más en concreto afirma: «... sostengo que el realismo no es ni demostrable ni refutable. El realismo no es demostrable, al igual que todo lo que caiga fuera del ámbito de la lógica y la aritmética finita, pero mientras que las teorías científicas son refutables, el realismo ni siquiera lo es. [Comparte esta irrefutabilidad con muchas teorías filosóficas o "metafísicas" y, en particular, con el idealismo]. Sin embargo, se puede argumentar, siendo abrumadores los argumentos en su favor» [16].

De hecho, Popper propone una argumentación en favor del realismo que puede situarse nítidamente en la tradición aristotélica, oponiéndose a la tradición subjetivista e idealista que, como él mismo señala, sólo surge sistemáticamente a partir de la filosofía moderna [17]. Sin embargo, Popper encuentra dificultades en el momento de hablar de modo concreto acerca de la verdad de los enunciados científicos. Es significativo que, en su primera obra, se mostró reacio incluso a utilizar el término «verdad», prefiriendo hablar de «corroboración» [18]. Lo que le convenció a referirse a la verdad fue la teoría de Tarski [19], en la cual Popper encontró el apoyo que buscaba para hablar de la verdad en el sentido clásico de correspondencia entre los enunciados y la realidad. Pero este realismo sólo salvaguarda la intención realista de la investigación. Según Popper, no podemos afirmar la verdad de ningún enunciado concreto. La verdad queda en el plano de una idea regulativa en el sentido kantiano: «... el concepto de verdad desempeña básicamente el papel de una idea reguladora. En nuestra búsqueda de la verdad, nos asiste el saber que hay algo así como verdad o correspondencia. No nos suministra medios para dar con ella ni para tener la seguridad de haber dado con ella, aunque de hecho sea así» [20].

15. K. R. POPPER, *Conocimiento objetivo*, Tecnos, Madrid 1974, p. 100.
16. Ibíd., pp. 45-46.
17. Cfr. ibíd., p. 46.
18. Cfr. íd., *La lógica de la investigación científica*, cit., pp. 255-257.
19. Cfr. íd., *Búsqueda sin término*, cit., pp. 133-134 y 188-192; *Conocimiento objetivo*, cit., pp. 64-65 y 283-301. En sus *Replies to my Critics*, en: P. A. SCHILPP (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle (Illinois) 1974, pp. 1093-1095, Popper explica por qué piensa que la teoría de Tarski es aplicable a la ciencia.
20. K. R. POPPER, *Conocimiento objetivo*, cit., p. 287.

De ahí resulta una imagen del conocimiento científico, ampliamente difundida en la epistemología contemporánea, que puede resumirse en cinco puntos: 1) existe una realidad independiente de nuestro conocimiento (tesis del *realismo ontológico*); 2) la ciencia experimental se dirige hacia el conocimiento de la realidad (tesis de *la verdad como idea reguladora*); 3) debido a motivos lógicos, las demostraciones de la ciencia experimental nunca son definitivas (tesis de la *imposibilidad del justificacionismo*); 4) por consiguiente, ningún enunciado de la ciencia experimental puede ser afirmado con certeza (tesis del *falibilismo*); 5) no obstante, el método experimental permite corregir nuestras hipótesis contrastándolas con la experiencia, de modo que podemos avanzar en nuestro conocimiento de la realidad (tesis de la *verdad parcial*).

¿Cuál es la validez de esta imagen? La respuesta no es sencilla, porque depende de una idea que se encuentra implícita en el planteamiento de fondo. Concretamente, se da por supuesto que sólo podría existir certeza acerca de los enunciados científicos si éstos pudieran ser demostrados de modo concluyente mediante argumentos puramente lógicos. Si se acepta esta idea, el falibilismo es inevitable, porque existen aspectos convencionales en toda demostración (las diversas estipulaciones, a las que nos hemos referido). Pero ese supuesto depende de un planteamiento racionalista que es criticado de modo unánime, también por Popper. Sucede, sin embargo, que aunque se rechace la solución racionalista, se acepta el planteamiento racionalista según el cual sólo una demostración *puramente lógica* que condujera a un conocimiento *perfecto* sería suficiente para garantizar una certeza *absoluta*. Evidentemente, el conocimiento humano no posee esas características. Sin embargo, podemos alcanzar conocimientos verdaderos (esto es admitido por Popper), y además podemos saber que los hechos alcanzado, aunque se trate de una verdad limitada y perfectible.

El camino para explicar la verdad científica puede parecer paradójico. Consiste en reconocer desde el primer momento las limitaciones de nuestro conocimiento y, a la vez, los aspectos convencionales que intervienen en la construcción del objeto científico y en las demostraciones, delimitando después en qué sentido se refieren a la realidad las construcciones teóricas. Es el camino que ha sido expuesto aquí. La paradoja reside en que el punto de partida para fundamentar un concepto de verdad no convencional es precisamente el reconocimiento de los factores convencionales de la ciencia. Pero éste es el método que se emplea en la actividad científica real, y así es como se consiguen resultados verdaderos, en el sentido de la verdad contextual y parcial que hemos examinado. En esta línea, es importante advertir que conocimiento *limitado* y *perfectible* no significa conocimiento *falso*, y que *existen diversos grados de certeza*.

18.6. *La verdad en las ciencias humanas*

En las ciencias humanas también se busca la verdad. Quizás se busca todavía más claramente que en las ciencias naturales. En efecto, en la ciencia natural

podemos darnos por satisfechos, en ocasiones, si conseguimos modelos que sirven como fundamento para aplicaciones prácticas, aunque no seamos capaces de determinar exactamente su verdad: en otras palabras, se puede conseguir el objetivo práctico de la ciencia aunque sea difícil conseguir el teórico. En cambio, en las ciencias humanas no nos contentamos con modelos de valor dudoso, porque esos modelos se aplican a seres humanos y no podemos experimentar con ellos sin saber qué consecuencias puede tener nuestro experimento. Desde luego, han existido experimentos, también recientes, basados en teorías dudosas o claramente falsas, y a veces las consecuencias han sido desastrosas: basta pensar en las consecuencias de tantos regímenes fascistas o marxistas en el siglo XX.

El ejemplo del marxismo es importante en filosofía de la ciencia, porque una de las características principales del marxismo es que se presenta como socialismo «científico», superior a otros tipos de socialismo «utópico» precisamente porque está presuntamente basado en leyes científicas de la historia, de la economía y de la sociedad. Pretende haber desentrañado todo un conjunto de «leyes sociales» que proporcionan el fundamento para predecir el curso de la historia. Por tanto, podríamos intervenir para facilitar que la historia se desarrolle de acuerdo con esas leyes y se llegue cuanto antes a la meta deseada, o sea, a una sociedad donde se han suprimido las causas de los males sociales.

La epistemología de Karl Popper, una de las más influyentes en la época contemporánea, está profundamente influida por los problemas planteados por el marxismo. Popper escribió: «El encuentro con el marxismo fue uno de los principales eventos de mi desarrollo intelectual. Me enseñó una serie de cosas que jamás he olvidado. Me reveló la sabiduría del dicho socrático: "Yo sé que no sé". Hizo de mí un falibilista y me inculcó el valor de la modestia intelectual. Y me hizo más consciente de las diferencias entre pensar dogmático y pensar crítico»[21]. Como fruto de ese encuentro en 1919, cuando tenía 17 años, Popper se propuso estudiar seriamente el pretendido carácter científico del marxismo; ese estudio le condujo a la publicación de sus libros sobre teoría social mucho más tarde, en 1945, y condicionó toda su epistemología (los excesos de su falibilismo se comprenden mejor a la luz de estos hechos).

Según Popper, lo que hace del marxismo una teoría pseudocientífica (que se presenta como científica pero no lo es), es que pretende haber establecido unas leyes definitivamente verdaderas sobre la sociedad y, por tanto, si surgen hechos contrarios a dichas leyes, el marxismo los reinterpreta, salvando su doctrina aunque sea a costa de cerrar los ojos a la realidad y de las consecuencias funestas que esto pueda provocar. En cambio, la actitud propia de la ciencia auténtica, tal como suele cultivarse en la ciencia experimental, consiste en someter las hipótesis a contrastación empírica, con el deseo de encontrar errores para poder eliminarlos y progresar, de ese modo, hacia el conocimiento de la verdad.

21. K. POPPER, *Búsqueda sin término*, cit., p. 49.

La crítica de Popper no se dirige a las ciencias humanas, sino a la «actitud dogmática» que puede darse tanto en las ciencias humanas como en las experimentales. Sin embargo, en las ciencias experimentales existe una garantía de tipo institucional frente a esos excesos, porque la contrastación empírica desempeña una función esencial para aceptar o rechazar las teorías. En las ciencias humanas, aunque se evite el dogmatismo y se procure someter las teorías al control experimental, existen muchas dificultades para que ese control sea riguroso.

Karl Popper, como Evandro Agazzi y otros autores, afirma que las ciencias experimentales y las sociales utilizan básicamente métodos semejantes; aunque admite que existen diferencias entre ellas, sostiene que muchas diferencias se pueden reducir e incluso eliminar. Esto es probablemente cierto en algunos casos. Sin embargo, es difícil imaginar cómo se podría eliminar la dificultad que encuentran las ciencias humanas para recurrir sistemáticamente a experimentos repetibles. Éste es el punto decisivo del que resulta, también, la dificultad de obtener el mismo tipo de intersubjetividad y, por tanto, de verdad, en ambos casos.

Por supuesto, se ha progresado mucho en la aplicación de técnicas cuantitativas y empíricas en muchas ramas de las ciencias humanas. La psicología empírica, la economía, la sociología y otras ciencias humanas consiguen resultados muy valiosos que conducen a aplicaciones prácticas de gran interés. Sin embargo, es evidente que esos éxitos sólo se pueden conseguir en la medida en que se estudian aspectos de la vida humana en los que existen pautas repetibles y condiciones estables. Por ejemplo, la psicología empírica consigue resultados cada vez más importantes que la sitúan como una verdadera ciencia experimental, en la medida en que consigue relacionar la base biológica de la personalidad con el comportamiento; la economía consigue formular leyes que rigen la marcha de los mercados en la medida en que estudia mercados cuya organización es básicamente estable, o sucesos extraordinarios que siguen también ciertas pautas.

Las ciencias humanas pueden asemejarse a las naturales en la medida en que pueden utilizar métodos semejantes en la construcción de modelos teóricos y en su comprobación. La construcción de modelos supone que existe un orden subyacente. En palabras de Scott Gordon: «Es evidente que la metodología de la elaboración de modelos teóricos sólo puede aplicarla una ciencia si el sector del mundo que investiga es ordenado. Si fuera absolutamente caótico, no podría establecerse ninguna ley, ni siquiera laxas generalizaciones»[22]. Pero la libertad es espontaneidad, auto-determinación que puede tropezar con condiciones externas, sin quedar anulada por ellas. Por consiguiente, su existencia establece un límite para la construcción de modelos generales.

Algo semejante ocurre con la experimentación, que exige que se mantengan constantes determinados aspectos de los fenómenos. Todo experimento lleva

22. S. GORDON, *Historia y filosofía de las ciencias sociales*, cit., p. 233.

consigo, de modo explícito o implícito, «cláusulas *ceteris paribus*» que establecen qué es lo que permanece constante durante el experimento. Aludiendo a las ciencias humanas, Scott Gordon comenta: «La ciencia no podría avanzar sin emitir proposiciones de leyes *restringidas*, que es lo que es una proposición *ceteris paribus* [...] Los métodos estadísticos modernos están ideados para permitirnos aproximar condiciones *ceteris paribus* similares en el trabajo no experimental [...] Toda teoría ha de incluir la salvedad *ceteris paribus*, tanto en la ciencia natural como en la social»[23]. Y añade, refiriéndose a las dificultades de las ciencias sociales: «Decir que la teoría se *cumpliría* si el mundo real fuera diferente no salva una teoría. Los científicos sociales tienen más problemas para aceptar esto que los científicos naturales, porque en la ciencia social están más entremezclados lo "positivo" y lo "normativo" [...] Cuando una proposición positiva choca con la realidad debería modificarse, pero cuando la realidad choca con una proposición normativa eso sirve como base para afirmar que se debería intentar modificar el mundo. Es fácil darse cuenta de que es necesaria una diferenciación conceptual entre proposiciones positivas y normativas, pero en las ciencias sociales es difícil de establecer»[24].

En general, las ciencias humanas pueden conseguir un grado de intersubjetividad y de verdad semejantes al alcanzado en las ciencias experimentales en la medida en que estudian pautas estables que tienen efectos observables. En algunos casos esto es posible, porque se estudian aspectos de la conducta humana relacionados con condiciones biológicas o sociales que son básicamente estables. En otros casos, las variaciones en el objeto estudiado son tan notables o tan impredecibles, que resulta muy difícil proponer explicaciones generales; en estos casos, que son típicos de las ciencias históricas, se pueden conseguir explicaciones verdaderas, pero no se tratará de leyes generales, sino de un conjunto de condiciones singulares que permiten conocer qué ha sucedido y por qué. Y existen todo tipo de situaciones intermedias, que son las más frecuentes en las ciencias humanas. Debido a la existencia de los factores específicamente humanos (autoconciencia, libertad, responsabilidad moral), la variabilidad de las conductas personales y de las condiciones sociales es muy grande, y esto limita considerablemente el grado de intersubjetividad y de verdad que se puede conseguir en las ciencias humanas.

18.7. *Ciencia e ideología*

La tentación de utilizar la ciencia en apoyo de ideologías que le son extrañas ha acompañado al desarrollo de la ciencia moderna. En el siglo XVIII, los materialistas pretendieron apoyar sus ideas en el progreso que la física había conseguido

23. Ibíd., p. 230.
24. Ibíd., p. 231.

hasta la fecha. El positivismo, el empirismo y el marxismo siguieron la misma línea desde el siglo XIX hasta la mitad del siglo XX. Desde entonces se ha tomado más clara conciencia, en general, de los peligros de la pseudociencia. A pesar de todo, a veces se mezcla lo que propiamente es ciencia con ideologías ajenas a ella.

Esto sucede pocas veces en el ámbito especializado de la ciencia experimental, porque en ese ámbito los científicos se enfrentan con el juicio de sus colegas, a quienes resulta fácil desenmascarar los intentos de ideologizar la ciencia y suelen oponerse a ellos. Las confusiones son mucho más fáciles en el ámbito de la divulgación.

Debido al enorme prestigio de que goza la ciencia experimental en nuestra época, el peligro de introducir confusiones en nombre de la ciencia es considerable. Por tanto, la actividad científica que hemos denominado *transmisión* tiene una especial importancia, ya que contribuye, a veces de modo decisivo, a configurar los valores de la sociedad.

El análisis de las confusiones principales de nuestra época nos llevaría demasiado lejos. Bastará aludir brevemente a algunas de ellas, a modo de ilustración.

El espectacular desarrollo de la biología en las últimas décadas ha sido presentado por Jacques Monod, premio Nobel por sus trabajos en biología molecular, como una prueba de que «La antigua alianza está rota. El hombre sabe al fin que está solo en la inmensidad indiferente del Universo en donde ha emergido por azar. Igual que su destino, su deber no está escrito en ninguna parte. A él le toca escoger entre el Reino y las tinieblas»[25]. Según Monod, la ciencia se basa en el «postulado de objetividad», según el cual no existen causas finales, planes o proyectos en la naturaleza, y el éxito de la ciencia demuestra la validez de esta perspectiva.

Pero esto no es una conclusión científica. Ni la biología, ni ninguna otra ciencia, pueden decir nada sobre algo que cae fuera de su ámbito. Christian de Duve, quien también recibió el premio Nobel por sus trabajos en biología, ha escrito al respecto: «Enfrentados ante la enorme suma de partidas afortunadas tras el éxito del juego evolutivo, cabría preguntarse legítimamente hasta qué punto este éxito se halla escrito en la fábrica del universo. A Einstein, quien en cierta ocasión afirmó que: "Dios no juega a los dados", podría contestársele: "Sí, juega, puesto que Él está seguro de ganar". En otras palabras, puede existir un plan. Y éste comenzó con la gran explosión o "big bang". Semejante punto de vista lo comparten unos, pero no otros. El científico francés Jacques Monod, uno de los fundadores de la biología molecular y autor del libro *El azar y la necesidad*, pu-

25. J. MONOD, *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Tusquets, Barcelona 1993, p. 179.

blicado en 1970, defendía la opinión contraria. "Nuestro número", escribió, "salió en el casino de Monte Carlo". Y apostillaba: "El universo no estaba preñado de vida, ni la biosfera llevaba al hombre en su seno". Su conclusión final refleja el existencialismo estoicamente (y románticamente) desesperante que ganó a los intelectuales franceses de su generación: "El hombre sabe ahora que está solo en la inmensidad indiferente del universo de donde ha emergido por azar". Todo esto es, por supuesto, absurdo. El hombre ni entra ni sale en ese conocimiento. Lo que sabe —o, al menos, debería saber— es que, con el tiempo y cantidad de materia disponible, ni siquiera algo que se asemejase a la célula más elemental, por no referirnos ya al hombre, hubiese podido originarse por un azar ciego si el universo no los hubiese llevado ya en su seno»[26].

También en el ámbito de la biología, Richard Dawkins, profesor de Oxford, se ha convertido en un fuerte oponente de la religión en nombre de la ciencia. Su libro *El relojero ciego* comienza con estas palabras: «Este libro está escrito con la convicción de que nuestra propia existencia, presentada alguna vez como el mayor de todos los misterios, ha dejado de serlo, porque el misterio está resuelto»[27]. Dawkins presenta una versión actual del argumento de Monod: de acuerdo con el darwinismo, somos el resultado de fuerzas puramente naturales, concretamente las variaciones genéticas al azar y la selección natural. El orden que observamos en la naturaleza y en nuestro propio organismo, que parecía exigir un plan divino, es, según Dawkins, el resultado de un artesano, pero de un artesano ciego: la selección natural, que actúa como un filtro que sólo deja pasar los organismos mejor adaptados, de tal modo que, a la larga, se producen resultados que parecen responder a un plan. Sin embargo, Dawkins es consciente de que el origen biológico del ser humano se apoya en las leyes de la física y de la química, y cabe preguntarse de dónde han salido esas leyes tan específicas que hacen posible nuestra existencia. Dawkins advierte que esto no es un problema de biología sino de física, y remite a otro profesor de Oxford, el físico Peter Atkins, quien ha escrito un libro explicando cómo podría haber sucedido que el universo se hubiera creado a sí mismo sin necesidad de un Creador[28].

La presunta «autocreación» del universo es un absurdo que se basa en extrapolaciones tales como equiparar de algún modo la «nada» (que, por definición, no es absolutamente nada) con el «vacío cuántico» (que es un estado físico). En el prefacio a la primera edición de su libro, Atkins advierte: «Este es un ensayo de reduccionismo extremo y de racionalismo militante»[29]. Ahí tiene toda la razón. Las posiciones de Atkins y de Dawkins representan casos extremos de reduccionismo, o sea, del científico que no está dispuesto a admitir *nada más que* lo que afirma su ciencia, sin advertir que existen otras dimensiones de la realidad.

26. C. DE DUVE, *La célula viva*, cit., p. 357.
27. R. DAWKINS, *El relojero ciego*, Labor, Barcelona 1988, p. VII.
28. P. ATKINS, *Cómo crear el mundo*, Crítica, Barcelona 1995.
29. Ibíd., p. 10.

Francisco Ayala, profesor de la Universidad de California y una de las máximas autoridades mundiales en evolución, ha escrito que la creación a partir de la nada «es una noción que, por su propia naturaleza, queda y siempre quedará fuera del ámbito de la ciencia», y añade: «... otras nociones que están fuera del ámbito de la ciencia son la existencia de Dios y de los espíritus, y cualquier actividad o proceso definido como estrictamente inmaterial» [30]. En efecto, para que algo pueda ser estudiado por las ciencias, debe incluir dimensiones materiales que puedan someterse a experimentos controlables: y esto no sucede con el espíritu, ni con Dios, ni con la creación. Por otra parte, Ayala recoge la opinión de los teólogos según los cuales «la existencia y la creación divinas son compatibles con la evolución y otros procesos naturales. La solución reside en aceptar la idea de que Dios opera a través de causas intermedias: que una persona sea una criatura divina no es incompatible con la noción de que haya sido concebida en el seno de la madre y que se mantenga y crezca por medio de alimentos [...] La evolución también puede ser considerada como un proceso natural a través del cual Dios trae las especies vivientes a la existencia de acuerdo con su plan» [31].

En la actualidad, la mayoría de los científicos reconocen los límites de su ciencia, y que existe una complementariedad entre ciencia, metafísica y religión. En cualquier caso, el rigor científico es el mejor antídoto frente a los excesos del cientificismo, que tiende a extrapolar los logros científicos, convirtiendo la ciencia en una ideología pseudo-científica.

19. Ciencia y filosofía

En la Antigüedad, lo que existía de las ciencias en sentido moderno se encontraba, por lo general, mezclado con la filosofía. Cuando las ciencias particulares fueron adquiriendo una consistencia propia a partir del siglo XVII, el espectacular progreso de la ciencia experimental llevó a relegar a la filosofía a un segundo plano, y ese proceso ha continuado hasta la actualidad.

Desde la perspectiva ventajosa que nos proporciona la época actual, en la que las ciencias continúan progresando y, al mismo tiempo, se ha adquirido una mayor conciencia de sus límites, vamos a examinar cuáles son las fronteras y las relaciones entre ciencia y filosofía. Nuestras consideraciones se refieren directamente a las ciencias experimentales, pero también nos referiremos a las ciencias humanas que, por su misma naturaleza, se encuentran mucho más relacionadas con la filosofía. Ya hemos considerado algunos aspectos del problema al tratar de la naturaleza de la ciencia; las consideraciones que siguen suponen las que ya hicimos en su momento y las complementan.

30. F. J. Ayala, *La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética*, Ediciones Temas de Hoy, Madrid 1994, p. 147.
31. Ibíd., pp. 21-22.

19.1. *La demarcación entre ciencia y filosofía*

El término «demarcación» se refiere al establecimiento de límites o fronteras entre dos territorios o asuntos. Karl Popper ha popularizado la expresión «problema de la demarcación» para designar lo que, según él afirma, es el problema más importante de la teoría del conocimiento. Sin embargo, la formulación del problema en la obra de Popper es un tanto ambigua. Por una parte, Popper dice que este problema se refiere a la distinción entre ciencia y metafísica: «... llamo *problema de la demarcación* al de encontrar un criterio que nos permita distinguir entre las ciencias empíricas, por un lado, y los sistemas "metafísicos", por otro» [32]. Sin embargo, el enfoque y la solución de Popper, tal como él mismo lo explica, surgieron en un contexto en el que la cuestión no era ésa, ya que afirma: «Tal y como primero se me ocurrió, el problema de la demarcación no era el problema de demarcar la ciencia de la metafísica, sino más bien el problema de demarcar la ciencia de la pseudociencia. En aquel tiempo no estaba en absoluto interesado por la metafísica. Fue sólo más tarde cuando extendí a esta última mi criterio de demarcación» [33].

¿Cómo es posible aplicar un mismo criterio para distinguir a la ciencia experimental de la pseudo-ciencia, que se presenta como ciencia experimental sin atenerse a las exigencias de ésta, y de la metafísica, que es completamente legítima y se extiende a un tipo de perspectivas que trascienden el ámbito de la ciencia experimental? Sólo puede serlo de un modo: formulando un criterio que sea definitorio de la ciencia y que, además, sólo en ella se dé. Por tanto, ese criterio debería proponer una condición necesaria y suficiente para determinar que un determinado conocimiento pertenece a la ciencia experimental. El criterio que Popper propuso es la *falsabilidad*. Significa que las teorías científicas deben ser tales que ha de ser posible deducir de ellas enunciados que puedan ser refutados por la experiencia.

Este criterio está condicionado por la consideración ambigua que la metafísica recibe en la obra de Popper. El mismo Popper se refiere a la primera formulación, que se encuentra en *La lógica de la investigación científica* de 1934, diciendo: «... entonces no me había percatado de que una posición metafísica, aunque no fuese contrastable, podía ser racionalmente criticable o argüible. Yo había confesado ser un realista, pero pensando que esto no pasaba de ser una confesión de fe» [34]. Sin embargo, la falsabilidad significa que se puede probar que una teoría es falsa. Pero, ¿cómo es posible referirse a la verdad o falsedad sin contar con una base metafísica que permita sostener una gnoseología realista? Dicho de otro modo: sólo una valoración de la metafísica como saber primario acerca de la rea-

32. K. R. POPPER, *La lógica de la investigación científica*, cit., p. 34.
33. Íd., *Búsqueda sin término*, cit., p. 55.
34. Ibíd., pp. 200-201.

lidad puede permitir una fundamentación de las cuestiones básicas del conocimiento. Por ejemplo, el principio de no-contradicción está en la base de cualquier argumentación lógica, y su examen crítico remite a problemas propiamente metafísicos acerca del ser real; el valor del conocimiento acerca de los entes reales exige considerar la intencionalidad, o sea, la captación de los modos de ser de manera inmaterial; y en la misma línea, el realismo sería insostenible a menos que se admita la continuidad entre el conocimiento sensible y el intelectual, que se da gracias a los procesos de abstracción. No parece que Popper se planteara este tipo de cuestiones metafísicas cuando formuló su principio de demarcación.

El resultado es que su criterio parece ser insuficiente para caracterizar la misma ciencia experimental. En 1934, Popper advertía sin ambages: «... mi criterio de demarcación, por tanto, ha de considerarse como una *propuesta para un acuerdo o convención*... Así pues, admito abiertamente que para llegar a mis propuestas me he guiado, en última instancia, por juicios de valor y por predilecciones»[35]. La propuesta de Popper se sitúa en el terreno de las actitudes metodológicas: viene a ser una exhortación a los científicos, aconsejándoles que tengan sentido crítico respecto a sus formulaciones, que busquen contraejemplos de las teorías en lugar de inmunizarlas frente a la experiencia.

Como exhortación metodológica, la propuesta de Popper puede ser útil. Sin embargo, como criterio de demarcación necesita complementos. En efecto, la metafísica tiene la última palabra acerca del criterio de demarcación. No podría ser de otro modo. Las ciencias experimentales adoptan puntos de vista particulares, objetivaciones concretas, que hacen posible la peculiar fiabilidad de sus conocimientos. Pero el examen del valor del conocimiento exige colocarse en una perspectiva que trasciende ese tipo de enfoque, puesto que en este caso lo que debe ser explicado es de qué modo establecemos contacto intencional con la realidad, cuál es el alcance de los principios en que nos apoyamos y cuál es el fundamento del método utilizado. Se trata de cuestiones gnoseológicas que, de hecho, los científicos suelen dar como resueltas en sus aspectos básicos, al menos implícitamente, aceptando el realismo consustancial a la ciencia experimental.

Las ideas de Popper se pueden clarificar adoptando un punto de vista ético. Existe suficiente evidencia de que las razones que llevaron a Popper a formular su criterio de demarcación son, en buena parte, razones éticas[36]. En tal caso, si analizamos la falsabilidad desde un punto de vista exclusivamente lógico, encontraremos muchas dificultades que se disipan, en gran parte, adoptando la perspectiva ética. Así se comprende que la falsabilidad sea para Popper, ante todo, una *actitud* que coincide con la *actitud racional*, y que lleva a no *intentar* proteger las teorías frente a los contraejemplos, sino todo lo contrario. Frente al dogmatismo

35. Íd., *La lógica de la investigación científica*, cit., p. 37.
36. Esta cuestión se encuentra desarrollada en: M. Artigas, *Lógica y ética en Karl Popper*, cit.

cientificista que presenta sus teorías como científicas porque se encuentran «verificadas», Popper subraya que la verdadera actitud científica es la que lleva a buscar contraejemplos, en un intento de encontrar errores para poder superarlos.

¿Sirve, todavía, esta idea como criterio de demarcación?, ¿no se trata, más bien, de una actitud que deberíamos adoptar siempre que nos planteamos progresar en nuestro conocimiento? Así es. De todos modos, cuando al hablar de «falsabilidad» Popper subraya que, en la ciencia experimental, debemos buscar contraejemplos empíricos, tiene razón. Si lo característico de esa ciencia es que somete sus hipótesis al control experimental, el requisito de la falsabilidad pertenece al núcleo de la ciencia experimental. Probablemente sería más exacto hablar de «contrastabilidad empírica», tal como, de hecho, se hace con frecuencia, porque el resultado de la contrastación empírica puede ser positivo o negativo; en cambio, al hablar de «falsabilidad» se subraya demasiado lo negativo. Pero esto responde al planteamiento de fondo de Popper, cuyo análisis nos llevaría demasiado lejos.

Podemos admitir, por tanto, que *el criterio de demarcación entre ciencia experimental y filosofía es la «contrastabilidad experimental» propia de la ciencia*. En la ciencia experimental nos centramos en el estudio de pautas espacio-temporales repetibles; por este motivo es posible el control experimental, y se exige que las construcciones teóricas se sometan a tal control. Desde luego, en la filosofía hemos de recurrir continuamente a la experiencia para contrastar nuestras ideas, pero estudiamos objetos que trascienden el nivel de las estructuras espacio-temporales.

Algunas formulaciones de Popper resultan insuficientes y esto se explica en parte, como hemos visto, por el desarrollo de su pensamiento. Se trata de ideas que se encuentran ampliamente difundidas en la epistemología contemporánea, según las cuales lo «metafísico» es identificado con lo «no-científico». Esta idea negativa de la metafísica es demasiado pobre, y pierde de vista que sólo una perspectiva metafísica puede proporcionar la perspectiva necesaria para explicar la naturaleza y alcance de nuestro conocimiento, también del conocimiento científico. Wartofsky ha resumido esa valoración empobrecida de la metafísica del siguiente modo: «... una crítica clásica a la metafísica es que expresa sus preguntas de tal forma que sólo pueden contestarse mediante la más pura especulación, sin prueba o justificación alguna derivada de una investigación científica concreta y empírica. Una versión más generosa de esta crítica es aquella según la cual los problemas de la metafísica se mantienen dentro de un plano meramente especulativo, hasta que puedan replantearse en forma de problemas científicos, que cabe contestar por medio de una investigación palpable, experimental y, por tanto, contrastable por medios científicos. Pero hay otro punto de vista que considera dicho pensamiento sistemático, crítico y especulativo como parte de la ciencia: concretamente, como la parte que desempeña el papel de esquema conceptual más general dentro del cual se formulan las hipótesis y teorías científicas. La me-

tafísica sirve, pues, de fuente de ideas, de guía para la sistematización de las diferentes partes del pensamiento científico»[37].

Sin duda, la metafísica puede servir de inspiración a la ciencia. Pero no es esa su función principal, y así no se puede explicar a fondo la relación entre ciencia y metafísica. Las ciencias adoptan perspectivas particulares que se concretan en el tipo de propiedades definibles dentro de cada objetivación. En cambio, la perspectiva metafísica se dirige hacia la realidad total, sin los límites implicados por las objetivaciones particulares. Por este motivo, su objeto es más ambicioso y, a la vez, sus enunciados son más generales que los de las ciencias. Por ejemplo, el principio de causalidad expresa una condición general que se cumple en la realidad y que, por tanto, es también condición de posibilidad de nuestro conocimiento: se refiere a la necesidad de que todo lo que sucede sea el resultado de causas. No se especifican las causas particulares, que pueden ser de tipos diversos, ni tampoco si se trata de causas necesarias o libres, deterministas o no; sólo se afirma que todos los acontecimientos deben ser el resultado de causas. Es una afirmación modesta en cuanto a los detalles, totalmente general en su alcance, y plenamente cierta. No puede probarse mediante los procedimientos de la ciencia experimental, pero esto no afecta a su validez; por el contrario, la validez de cualquier conocimiento, incluido el de las ciencias, se apoya en el principio de causalidad. Tampoco es un conocimiento meramente especulativo, pues resulta del análisis de lo que la experiencia nos manifiesta, aunque trasciende lo dado en la experiencia porque se dirige hacia la explicación racional de toda la realidad.

Ciencia y metafísica se encuentran unidas desde el comienzo. Por eso resulta ilusorio trazar una línea de demarcación que las coloque en espacios incomunicados. La demarcación se refiere al planteamiento temático de los problemas metafísicos y científicos, pero no impide que la metafísica, al menos de modo implícito, se extienda a toda la realidad y al conocimiento de la misma, de modo que, para establecer la demarcación, es necesario adoptar una perspectiva metafísica. Todo ello es compatible con la autonomía de las ciencias en su propio ámbito, puesto que el carácter general de los principios metafísicos no prejuzga los conocimientos detallados que sólo pueden obtenerse adoptando objetivaciones particulares.

19.2. *La fiabilidad de la ciencia*

El problema de la fiabilidad de la ciencia desempeña un papel central en la cultura contemporánea. Jürgen Habermas comenzó su libro más famoso con estas palabras: «Si construyésemos la discusión filosófica de la edad moderna bajo

37. M. WARTOFSKY, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Alianza, Madrid 1976, p. 29.

la forma de un proceso judicial, la única cuestión sobre la que éste tendría que pronunciarse sería: cómo es posible un conocimiento fiable»[38].

En efecto, una de las novedades principales que ha proporcionado el desarrollo de la ciencia experimental es el hecho de que, por vez primera en la historia humana, disponemos de un cuerpo de conocimiento científico empírico que es muy fiable tanto en la teoría como en la práctica. De hecho, los logros de la ciencia experimental son un telón de fondo que condiciona cómo se plantean y resuelven las discusiones filosóficas en la época moderna.

Paradójicamente, el enorme éxito de la ciencia experimental suele venir acompañado en nuestros días por una epistemología falibilista que subraya que el conocimiento científico es siempre conjetural y provisional, y con frecuencia se extiende el ámbito de esta conclusión y se afirma que, con mayor razón, cualquier otro tipo de conocimiento humano es siempre conjetural e hipotético.

Tomando como base la explicación que hemos propuesto acerca de la objetividad y la verdad en la ciencia, vamos a proponer una explicación de la fiabilidad de la ciencia en la que se reconoce su valor como auténtico conocimiento de la realidad, y al mismo tiempo se explican sus límites. Los mismos motivos que permiten clarificar el valor de la ciencia dan razón también de sus límites.

En el ámbito técnico, el término «fiabilidad» se refiere a las garantías que ofrece un aparato para su correcto funcionamiento. En epistemología, podemos hablar de la fiabilidad de las construcciones científicas en el sentido siguiente: serán fiables en la medida en que sirvan para alcanzar los objetivos de la empresa científica. Como hemos visto, esos objetivos son dos: el conocimiento de la naturaleza y su dominio controlado. Se encuentran mutuamente relacionados, de modo que vienen a ser en cierto modo dos aspectos de un mismo objetivo. La ciencia experimental combina ambos aspectos: las teorías deben conducir a consecuencias que se puedan someter a contrastación empírica, y esa contrastación debe apoyarse en bases teóricas.

Para alcanzar este objetivo, las teorías deben cumplir dos requisitos: deben expresarse y comprobarse de modo intersubjetivo, y las pruebas de su validez deben relacionarse con contrastaciones empíricas. Por tanto, la *intersubjetividad* y la *contrastabilidad empírica* son dos atributos importantes de las teorías científicas. Además, buscamos teorías que no sólo puedan explicar (y por tanto predecir) hechos conocidos, sino también anticipar lo todavía desconocido: deberán conducir a nuevas predicciones. En este sentido, la *predecibilidad* desempeña un importante papel en la ciencia. Y también exigimos que los nuevos logros no contradigan a los conocimientos que ya están bien corroborados; más bien deberán añadir nuevos conocimientos, de modo que podamos reconocer que se produce un *progreso* en el desarrollo de la ciencia.

38. J. HABERMAS, *Conocimiento e interés*, Taurus, Madrid 1982, p. 11.

Por tanto, la fiabilidad de la ciencia incluye estos cuatro aspectos: *intersubjetividad*, *contrastabilidad empírica*, *predecibilidad* y *progreso*. Vamos a analizarlos para mostrar cómo se pueden explicar.

a) *Intersubjetividad*

En la ciencia experimental alcanzamos un peculiar tipo de intersubjetividad porque nos centramos en torno a pautas naturales, que son estructuras espacio-temporales que se repiten. Nada tiene de particular, por consiguiente, que podamos formular leyes que nos permiten formular predicciones. En nuestro mundo existe un grado considerable de orden. Si nuestro mundo fuese mucho más desordenado de lo que realmente es, nuestra existencia misma sería imposible y la ciencia experimental, tal como la conocemos, no podría existir.

Además, los argumentos que utilizamos en la ciencia experimental se expresan en lenguajes intersubjetivos, y deben incluir referencias bien establecidas a los hechos empíricos, de modo que cualquiera pueda examinar si esos argumentos son válidos o no lo son. Hemos visto que, para alcanzar este tipo de intersubjetividad, debemos introducir estipulaciones convencionales que, sin embargo, no son arbitrarias. Las estipulaciones se refieren a reglas intersubjetivas para el uso de instrumentos, la expresión de leyes científicas, la sistematización de sistemas teóricos y la aceptación de teorías.

Por consiguiente, la intersubjetividad científica es el resultado de la combinación de dos factores diferentes: un hecho objetivo, a saber, que existen pautas naturales ordenadas, y un hecho subjetivo, concretamente la introducción de estipulaciones que hacen posible establecer un lenguaje intersubjetivo. La intersubjetividad no es un resultado sorprendente de la ciencia experimental; es, más bien, algo que se puede explicar analizando cómo es nuestro mundo y cómo construimos la ciencia. Podemos conseguir la intersubjetividad porque el mundo natural está lleno de pautas espacio-temporales, porque hemos aprendido a representar el mundo natural utilizando lenguajes intersubjetivos, y porque probamos la verdad de muestras pretensiones utilizando también pruebas intersubjetivas.

De hecho, la intersubjetividad se basa, en parte, en la aceptación de estipulaciones. La intersubjetividad científica implica el uso de algunos elementos convencionales. ¿Debemos admitir, entonces, una epistemología convencionalista?, ¿se reduce la fiabilidad a la utilidad de los instrumentos conceptuales? De algún modo, las teorías son, ciertamente, instrumentos simbólicos. Pero el éxito de una objetivación cuando se la aplica a resolver problemas concretos, proporcionando explicaciones y haciendo posible el control empírico, muestra que contiene algún tipo de verdad. Esa verdad es contextual, porque el significado de nuestros enunciados es relativo a la objetivación correspondiente. Y también es parcial, porque una objetivación sólo se refiere a algunos aspectos del mundo natural.

No deberíamos sorprendernos al comprobar que otros tipos de conocimiento no poseen la intersubjetividad característica de la ciencia experimental. La peculiar fiabilidad de la ciencia experimental es, por supuesto, una ventaja en muchos casos, pero también indica que en ese ámbito sólo estudiamos las dimensiones de la realidad que pueden ser sometidas a control experimental. Y esa perspectiva es insuficiente e inadecuada cuando estudiamos las dimensiones espirituales del ser humano, así como otros temas metacientíficos.

En definitiva, el carácter intersubjetivo de las explicaciones y pruebas que se usan en la ciencia experimental se debe a la concurrencia de dos factores: por una parte, que nos centramos en las pautas naturales repetibles, y por la otra, que utilizamos estipulaciones que se aceptan mediante acuerdos. Una vez más podemos asombrarnos de que poseamos una capacidad de creatividad e interpretación que nos permite utilizar pruebas intersubjetivas para alcanzar resultados que son válidos desde un punto de vista objetivo.

b) *Control experimental*

Cada vez que creamos una nueva objetivación debemos especificar los criterios operacionales que hacen posible las contrastaciones empíricas. Por tanto, desde un punto de vista descriptivo, la contrastabilidad empírica puede explicarse utilizando el concepto de «objetivación», la cual puede ser considerada como una condición suficiente para la existencia de pruebas intersubjetivas y, también, de la contrastabilidad empírica. En efecto, una vez que se ha definido un modelo teórico y se han establecido criterios que lo relacionan con los resultados de experimentos repetibles, podemos formular pruebas intersubjetivas y también podemos someter nuestras formulaciones a contrastaciones empíricas.

Existe una estrecha relación entre la fiabilidad y la contrastabilidad empírica. Cuando somos capaces de realizar experimentos repetibles, podemos utilizarlos para contrastar hipótesis. Y esto supone que disponemos de los conceptos y criterios que sirven para definir una objetivación. Por ejemplo, si no poseyéramos criterios para medir longitudes, tiempos y masas, no podríamos someter a contrastación empírica las leyes de la mecánica.

El problema es, de nuevo, que para definir una objetivación necesitamos introducir elementos convencionales. ¿Significa esto que la contrastabilidad empírica de las teorías se encuentra también regulada por convenciones?

Ya hemos visto que, por una parte, siempre podemos evaluar la correspondencia entre las hipótesis y los hechos como una relación del tipo «si... entonces...», que es válida desde el punto de vista intersubjetivo («Si aceptamos tales hipótesis, entonces obtenemos tales consecuencias empíricas»). También hemos examinado cinco criterios que nos permiten determinar si una teoría puede ser útil para alcanzar los objetivos de la empresa científica y, por tanto, debería ser

aceptada por los científicos: el *poder explicativo*, el *poder predictivo*, la *precisión* tanto de las explicaciones como de las predicciones, la *convergencia de pruebas independientes*, y el *apoyo mutuo* de diferentes teorías. Podemos entender fácilmente, por tanto, que cuando trabajamos dentro de objetivaciones bien definidas, es posible establecer una correspondencia rigurosa entre las explicaciones teóricas y los hechos observados, de modo que podamos aplicar esos cinco criterios. Sin duda, podríamos construir teorías arbitrarias que se adecuen a los hechos observados; sin embargo, si aplicamos los cinco criterios de modo consistente, tales teorías seguramente fallarán. Es muy poco verosímil, por decirlo suavemente, que una teoría arbitraria pueda tener éxito en proporcionar explicaciones y predicciones precisas, que se encuentre apoyada por pruebas independientes, y que sea coherente con otras teorías bien corroboradas.

No hay motivo, sin embargo, para extender este tipo de requisitos a ámbitos que quedan fuera de la ciencia experimental. Esos criterios tienen sentido cuando buscamos un conocimiento del mundo natural que pueda someterse a control experimental. En cambio, si buscamos otro tipo de comprensión, deberíamos utilizar criterios adecuados para los objetivos específicos que nos planteamos.

c) *Predictividad*

El poder predictivo es, con frecuencia, la característica más deseada de las teorías empíricas. Las pruebas empíricas, especialmente cuando consisten en la predicción de hechos que anteriormente eran inesperados y se corroboran con precisión, son de ordinario el tipo más fuerte de pruebas en la ciencia experimental. Una nueva teoría siempre es considerada seriamente si proporciona una sola predicción de ese tipo.

Existe, sin duda, un cierto misterio en torno al poder predictivo. Podríamos pensar que, después de todo, intentamos una vez y otra, sin saber nunca por anticipado cuándo tendrán éxito nuestros intentos, y podemos confiar en que a veces nuestras predicciones serán correctas. Sin embargo, esto no explica por qué teorías abstractas y muy sofisticadas pueden servir para predecir la existencia de entidades, propiedades o procesos cuya existencia era antes completamente insospechada.

Para explicar la existencia de esas predicciones, parece necesario admitir que en el mundo natural existe una interconexión entre sus diferentes componentes, y también que nuestras teorías alcanzan de algún modo ese orden natural. Desde luego, las teorías abstractas, sobre todo en la física matemática, no son una mera copia del orden natural; más bien son construcciones nuestras: pero alcanzan aspectos objetivos del mundo natural. De otro modo, es difícil concebir que podamos deducir a partir de ellas predicciones nuevas enormemente específicas que después reciben apoyo experimental.

Por otra parte, el poder predictivo es una componente de la fiabilidad de la ciencia en otro sentido. En efecto, en la medida en que somos capaces de establecer leyes científicas bien corroboradas, podemos usarlas para predecir qué sucederá con algunos de los factores que intervienen en esas leyes cuando conocemos el comportamiento de los demás factores. Este es el método ordinario que se sigue para conseguir el dominio sobre la naturaleza. En esta línea, decir que la ciencia es fiable significa simplemente que puede ser utilizada para fines prácticos o, en otras palabras, que proporciona los instrumentos necesarios para dominar los fenómenos naturales de modo controlado. Ésta fue la promesa original anunciada en voz muy alta por Francis Bacon, y el progreso científico ha mostrado que el mismo Bacon difícilmente podía soñar con el poder extraordinario que la ciencia nos ha proporcionado.

De nuevo, no deberíamos esperar este tipo de éxito en empresas diferentes de la ciencia experimental. En concreto, la metafísica y la religión no tienen como fin proporcionar un dominio controlado sobre la naturaleza. Cuando se interpreta el progreso científico como si hiciera innecesario el recurso a la religión, podemos concluir con seguridad que se está considerando a la religión de un modo muy superficial. En la actualidad también sabemos que el poder predictivo de la ciencia experimental puede ser utilizado para conseguir objetivos buenos y malos; esto indica que el dominio sobre la naturaleza no basta, porque necesita una orientación moral para ser utilizado adecuadamente.

d) *Progreso*

Como componente de la fiabilidad de la ciencia, el progreso significa que en la ciencia experimental es posible reconocer un cierto progreso acumulativo, de tal modo que los nuevos logros no sustituyen a los precedentes, sino que más bien se les añaden. Una de las ventajas principales de la ciencia experimental es que presenta una trayectoria impresionante de progreso ininterrumpido.

Sin embargo, éste es el aspecto más controvertido de la ciencia experimental. En nuestra época se ha dicho que la ciencia progresa por medio de revoluciones que implican cambios en todo un marco conceptual, de modo que, en último término, la noción misma de progreso acumulativo resultaría inadecuada. Esta línea de pensamiento ha sido desarrollada por Thomas Kuhn y por otros autores que subrayan la importancia de los factores sociales para comprender el desarrollo efectivo de la ciencia experimental.

Es interesante advertir que estas dificultades no son, en absoluto, nuevas. Nadie pretende que la ciencia experimental siempre progrese de modo perfectamente lineal. Incluso los neopositivistas, que pretendían presentar a la racionalidad científica como el paradigma de todo conocimiento válido, hablaban de una «reconstrucción racional» de la ciencia que proporcionaría una sistematización del conocimiento científico de acuerdo con reglas racionales.

El deseo de proporcionar criterios para evaluar el progreso científico puede deberse, en ocasiones, a la necesidad, cada vez más acuciante, de asesorar la elección entre programas de investigación que son difíciles y caros. Sin embargo, suele ser el cientificismo lo que está detrás de un interés exagerado en estos problemas, así como en las reconstrucciones racionales. Dado que el cientificismo presenta a la ciencia experimental como el modelo de toda pretensión cognoscitiva, necesita elaborar una imagen de la ciencia que sea suficientemente racional. En cambio, si dejamos de lado los prejuicios cientificistas, reconoceremos fácilmente que, si bien existe una trayectoria impresionante de progreso en la ciencia experimental, no es necesario forzar el registro real, el cual contiene no sólo un gran número de avances en la dirección correcta, sino también otros que no son tan progresivos. Además, contiene avances que sin duda deben considerarse progresivos aunque no sepamos cómo combinarlos con otros avances que también consideramos progresivos.

En definitiva, no pocos problemas acerca del progreso acumulativo, la inconmensurabilidad de las teorías y otros temas relacionados sólo se plantean cuando existe un interés desmesurado por mostrar que la trayectoria actual de la ciencia experimental, o sus reconstrucciones, corresponden a criterios de progreso perfectamente racionales. Pero si abandonamos intereses de ese tipo, advertiremos fácilmente que la ciencia experimental presenta un registro impresionante de progreso, y seremos capaces de comprender el motivo: en efecto, en la medida en que tengamos éxito en los tres aspectos anteriores de la fiabilidad de la ciencia (o sea, en las pruebas intersubjetivas, el control empírico y el poder predictivo), podremos decir que hemos progresado. Así también comprenderemos fácilmente por qué no existe un registro semejante de progreso en otras empresas cognitivas que no se centran en torno a las pautas espacio-temporales y al control experimental.

e) *Conocimiento fiable*

John Ziman publicó un libro titulado *La credibilidad de la ciencia*[39], que contiene explicaciones de la fiabilidad de la ciencia diferentes de las que acabamos de exponer. Para clarificar mejor el problema, vamos a examinar ahora algunas de las explicaciones de Ziman.

Ziman titula una de las secciones de su libro *Extralogicidad*. Allí escribe: «La ciencia depende fundamentalmente de la capacidad humana de percepción, reconocimiento, discriminación e interpretación [...] no hay ningún programa computacional, ningún algoritmo lógico, ninguna cadena de operaciones lógicas a las que equivalgan estos procesos, o a los que se puedan reducir en un sentido práctico. *Por tanto* —y esta es una de las características más importantes del mo-

39. J. ZIMAN, *La credibilidad de la ciencia*, Alianza, Madrid 1981.

delo de "consensibilidad" de la ciencia—, *la lógica sola no puede validar o justificar el conocimiento científico*»[40]. Esta conclusión es importante, y es un corolario necesario de la existencia de factores convencionales en la ciencia.

Pero Ziman insiste demasiado en los aspectos sociológicos de la ciencia. De hecho, en la cita precedente se refiere al «modelo de consensibilidad de la ciencia» que ha presentado al comienzo de su libro. Allí, Ziman se refiere a una obra anterior[41] en la cual intentó mostrar que: «... el conocimiento científico es el producto de una empresa humana colectiva a la que los científicos hacen aportaciones individuales que la crítica mutua y la cooperación intelectual se encarga de refinar y ampliar. Según esta teoría, *el fin de la ciencia es lograr un consenso de opinión racional sobre el ámbito más amplio posible*»[42].

Ziman dice que en su nuevo libro se aparta deliberadamente de los aspectos sociológicos de la ciencia. Sin embargo, cuando poco después presenta su «modelo de consensibilidad de la ciencia», dice: «... asumiremos que el conocimiento científico se diferencia de otros productos intelectuales de la sociedad humana por el hecho de que sus contenidos son *consensibles*. Con esto quiero decir que cada mensaje no debe ser tan oscuro ni ambiguo como para que el receptor sea incapaz de asentir entusiastamente o hacer objeciones bien fundamentadas. Además, la finalidad de la ciencia es lograr el máximo grado de *consensualismo*»[43]. Por tanto, aunque dice que dejará de lado los aspectos sociológicos, Ziman caracteriza el conocimiento científico y los objetivos de la ciencia en términos sociológicos. Añade inmediatamente que «este modelo impone restricciones a los *contenidos* de la ciencia»[44], lo cual es verdad. En efecto, la exigencia de que el conocimiento científico deba ser «consensible» implica la intersubjetividad y todas las condiciones necesarias para alcanzar un consenso intersubjetivo. Pero la perspectiva de este autor incluye demasiados componentes sociológicos.

Así, cuando se refiere a la verdad, Ziman dice que el conocimiento científico contiene muchas falacias o creencias erróneas que se sostienen y mantienen colectivamente; que el uso del lenguaje matemático no hace que el mensaje sea más verdadero; que la lógica de enunciados acerca del mundo real tiene tres valores porque no se puede adjudicar a todos los enunciados el estatus de «verdadero» o «falso»: pueden ser también «indeterminados»; que nuestro sistema científico no nos dice necesariamente la verdad[45]. Aunque estos comentarios contienen una parte de razón, parece que cada vez que Ziman se refiere a la verdad acentúa la incertidumbre de nuestro conocimiento.

40. Ibíd., pp. 149-150.
41. Íd., *El conocimiento público. Un ensayo sobre la dimensión social de la ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México 1972.
42. Íd., *La credibilidad de la ciencia*, cit., p. 14.
43. Ibíd., pp. 18-19.
44. Ibíd., p. 19.
45. Ibíd., pp. 21, 30, 48, 150 y 158.

Ziman tiene razón en muchos aspectos. Pero no se hace justicia al objetivo de la ciencia experimental cuando se relega la verdad a un lugar secundario y los factores sociológicos ocupan el papel principal. En cualquier caso, se puede advertir fácilmente que una imagen más realista de la ciencia y de la fiabilidad, tal como la que se ha expuesto aquí, corresponde mucho mejor a los objetivos y resultados de la empresa científica y ofrece un marco que puede ser integrado con otras perspectivas: también puede proporcionar fácilmente a las ideas de Ziman una base más satisfactoria.

19.3. *Ciencia y racionalidad*

Nos referiremos ahora a la racionalidad científica, que es uno de los temas centrales de las discusiones epistemológicas en la actualidad.

Qué se entienda por «racionalidad» depende del concepto que se tenga acerca de la razón y, por tanto, de la naturaleza humana. Desde el punto de vista fenomenológico, el razonamiento es una de las modalidades del conocimiento intelectual; más en concreto, aquella en la que se obtienen consecuencias lógicas tomando como punto de partida premisas aceptadas. Se trata del conocimiento demostrativo. Puesto que la ciencia es conocimiento demostrativo desarrollado de modo sistemático, es natural que el análisis de la racionalidad sea un tema clave en la epistemología.

Por otra parte, la racionalidad también designa comportamientos o actitudes. Una conducta es razonable si se dirige hacia objetivos bien escogidos y utiliza los medios adecuados para conseguirlos. En otro sentido, se es razonable si se está dispuesto a considerar los motivos de las decisiones y a cambiarlas si es necesario. En definitiva, una actuación se considera racional en la medida en que está fundamentada sobre bases correctamente motivadas, o sea, en la medida en que puede argumentarse que los objetivos y los medios son correctos, y que se adoptan los medios oportunos para rectificar los eventuales errores.

Estas reflexiones permiten clarificar en qué sentidos puede hablarse de la racionalidad de la ciencia experimental. Esos sentidos son básicamente tres, según se considere la ciencia como actividad humana dirigida hacia unos objetivos específicos, o bien los medios empleados para conseguir esos objetivos, o bien las construcciones teóricas que se formulan. Se trata de los tres niveles que hemos analizado en el presente estudio.

Consideremos, en primer lugar, *la ciencia experimental como actividad humana*. La pregunta que se plantea es: ¿son racionales sus objetivos? Nuestra respuesta es afirmativa. El objetivo teórico corresponde a la inclinación natural hacia la búsqueda de la verdad. El objetivo práctico responde a exigencias vitales, que pueden ser satisfechas si se alcanza un conocimiento de la naturaleza que permita su dominio controlado. La peculiar relación funcional entre los dos obje-

tivos queda justificada de modo pragmático por el progreso de la ciencia, que muestra la posibilidad de alcanzar el doble objetivo y asimismo hace patente la fecundidad de la ciencia en vistas a las aplicaciones tecnológicas.

Para obtener una comprensión adecuada de la racionalidad de la actividad científica, es necesario situarla en relación con los objetivos generales de la actividad humana. Se advierte fácilmente que ambos niveles se compenetran de modo armónico. Esa armonía sólo se rompe si se adopta una perspectiva cientificista, en la que la búsqueda de la verdad queda reducida arbitrariamente a los métodos experimentales, o si se utilizan los conocimientos científicos para fines prácticos contrarios a los intereses auténticamente humanos.

En segundo lugar, la racionalidad de *los métodos científicos* consiste en su adecuación con los objetivos de la ciencia. Ya hemos analizado este problema, y hemos visto cómo se construyen los objetos propios de cada disciplina y cómo se comprueba la validez de las construcciones teóricas. Sin embargo, las discrepancias epistemológicas mayores suelen plantearse en el ámbito metodológico. En este contexto, el punto crucial es la relación entre metodología y gnoseología. En efecto, debe explicarse cómo alcanza la ciencia su objetivo cognoscitivo. Hemos propuesto una explicación que está de acuerdo con el sentido realista de la actividad científica y con sus logros efectivos, y a la vez pone de relieve la desigual validez de las construcciones teóricas. Esa validez abarca un amplio campo de posibilidades que van desde la mera utilidad instrumental hasta la verdad bien establecida, en función del tipo de problemas que se estudian y de los recursos teóricos e instrumentales de que se dispone.

Los debates contemporáneos en torno a la racionalidad científica no han producido resultados satisfactorios debido, en buena parte, a la falta de una perspectiva gnoseológica adecuada. En efecto, el neopositivismo adoptó una filosofía empirista en la que el valor del conocimiento se ponía en función de las percepciones inmediatas; el resultado fue una metodología que era incapaz de explicar el alcance realista del conocimiento y que, además, no correspondía a los métodos realmente empleados en la investigación. El debate sobre la racionalidad se centró más tarde en torno a la epistemología de tipo lógico propuesto por Popper y al análisis marcadamente sociológico de Kuhn. Ambas perspectivas apuntan hacia aspectos reales del método científico, pero los extrapolan de tal manera que no consiguen dar razón de los procedimientos reales y del valor del conocimiento. Los intentos posteriores que se han propuesto armonizar ambos puntos de vista, como en el caso de Imre Lakatos, al mismo tiempo que han contribuido a clarificar aspectos particulares, han conducido a nuevos problemas, ya que tampoco han utilizado una gnoseología realista consistente.

En tercer lugar, la racionalidad de *las construcciones teóricas* está en función de su capacidad para resolver los problemas que les han dado origen. Desde el punto de vista de su aceptabilidad, será razonable aceptar aquellas construcciones teóricas que cumplen los requisitos que ya hemos examinado: capacidad ex-

plicativa y predictiva, precisión de las explicaciones y predicciones, variedad de pruebas independientes, y apoyo mutuo.

Podemos preguntarnos, por fin, cuál es la causa de que el problema de la racionalidad haya provocado tantas controversias en la epistemología contemporánea. Probablemente hay que buscarla en motivaciones filosóficas generales, en las que desempeña una importante función el deseo de caracterizar la ciencia experimental de modo inequívoco, estableciendo su superioridad o inferioridad respecto a otras actividades cognoscitivas. Las discusiones sobre la racionalidad han estado, con demasiada frecuencia, condicionadas por prejuicios cientificistas: se buscaba un método que permitiera explicar la superioridad de la ciencia experimental sobre otras formas de conocimiento, y el resultado ha sido que, una vez y otra, se ha llegado a callejones sin salida[46]. Por este motivo, es oportuno que examinemos expresamente la situación del cientificismo en la actualidad.

19.4. *Ciencia y cientificismo*

No nos detendremos ahora en las versiones extremas del cientificismo, tales como la propuesta por los neopositivistas. Si bien no puede subestimarse su impacto en la epistemología contemporánea, esas formulaciones han sido criticadas por autores de muy variadas tendencias.

Gerard Radnitzky ha caracterizado de modo general el cientificismo como «la creencia dogmática de que el modo de conocer llamado "ciencia" es el único que merece el título de conocimiento, y su forma vulgarizada: la creencia de que la ciencia eventualmente resolverá todos nuestros problemas o, cuando menos, todos nuestros problemas "significativos". Esta creencia está basada sobre una imagen falsa de la ciencia. Muchos e importantes filósofos, desde Nietzsche a Husserl, Apel, Gadamer, Habermas, Heelan, Kisiel, Kockelmans y otros, han considerado el ciencismo como la falsa conciencia fundamental de nuestra era»[47]. En otras palabras, también de Radnitzky, la perspectiva cientificista es «aquella que ve los diversos modos de conocer formando una jerarquía, y a la "Ciencia" en la cumbre de dicha jerarquía»[48].

El cientificismo encuentra eco sobre todo en la opinión pública, influida por el éxito de las aplicaciones científicas en la tecnología y por el impacto de obras divulgativas. En el ámbito de la epistemología, esas posturas encuentran un eco muy restringido. Sin embargo, los restos de la mentalidad cientificista pueden

46. Puede verse al respecto: M. ARTIGAS, *El desafío de la racionalidad*, cit.
47. G. RADNITZKY, «Hacia una teoría de la investigación que no es ni reconstrucción lógica ni psicología o sociología de la ciencia», *Teorema*, 3 (1973), pp. 254-255.
48. Ibíd., p. 212.

considerarse como responsables de las confusiones en torno a los problemas de la demarcación, de la fiabilidad y de la racionalidad. En efecto, conducen a pensar que la metafísica carece de las garantías propias de la ciencia experimental y que, por ese motivo, queda relegada a un ámbito incierto, en el que no cabría hablar de principios generales válidos.

El cientificismo resulta incoherente intrínsecamente, puesto que no tiene sentido afirmar que la ciencia experimental es el paradigma de todo conocimiento válido si esta misma afirmación no es una afirmación científica, como de hecho no lo es.

La alternativa viable al cientificismo consiste en formular una perspectiva metafísica que responda fielmente a las exigencias de la experiencia humana y sea coherente con las ciencias. Una perspectiva de este tipo es muy amplia, y dentro de ella caben diferentes acentos, incluidos los religiosos. Su legitimidad es evidente si se tiene en cuenta que la discusión acerca del valor de la ciencia exige, por su misma naturaleza, adoptar una perspectiva metacientífica: por consiguiente, si no se admite la validez de esa perspectiva, ni siquiera tendría sentido decir nada acerca del valor y el alcance de la ciencia.

Las dificultades del cientificismo han sido analizadas desde diferentes perspectivas. Dentro de la neo-marxista de la Escuela de Frankfurt, Jürgen Habermas ha propuesto una descripción del cientificismo semejante a la que estamos considerando: «El "cientificismo" significa la fe de la ciencia en sí misma, o dicho de otra manera, el convencimiento de que ya no se puede entender la ciencia como *una* forma de conocimiento posible, sino que debemos identificar el conocimiento con la ciencia»[49]. Habermas denuncia asimismo que se reduzca la teoría del conocimiento a teoría de la ciencia[50]. Pero ahí terminan las semejanzas con nuestra perspectiva, puesto que Habermas construye su crítica al cientificismo considerando los intereses vitales que definirían cada tipo de ciencias. Las ciencias experimentales vienen asociadas a un interés técnico, mientras que las ciencias históricas y críticas están en función de intereses superiores, entre los que ocupa el lugar principal el interés emancipatorio, característico de la teoría crítica. Pero, ¿qué sentido tiene caracterizar a la ciencia empírica en función del interés técnico? Sin duda, las aplicaciones técnicas son un motivo importante para la investigación y constituyen un horizonte que siempre está presente en los trabajos científicos. Pero la actividad de la ciencia experimental se caracteriza básicamente por la búsqueda de la verdad. Ciertamente, no se trata de una verdad acerca del sentido de la vida humana. Pero se trata de una verdad auténtica. Una crítica del cientificismo que se limite a confinar a la ciencia experimental a un ámbito instrumental y tecnológico no llega a plantearse el problema de fondo, y fácilmente sustituirá un cientificismo por otro: la primacía de la ciencia experimental vendrá

49. J. HABERMAS, *Conocimiento e interés*, cit., p. 13.
50. Ibíd., pp. 193-201.

sustituida por la de una teoría social que se presenta como ciencia última liberadora, careciendo, sin embargo, de una perspectiva metafísica que posibilite una concepción adecuada de la verdad y del bien.

19.5. *Relaciones complementarias entre ciencia, filosofía y teología*

Las ciencias adoptan puntos de vista particulares, la filosofía se pregunta por la realidad buscando su sentido último a la luz de la razón, y la teología argumenta a partir de la revelación divina. Se trata de perspectivas que no deberían oponerse, porque son complementarias y las tres son necesarias si se quiere obtener una representación adecuada de la realidad.

Vamos a examinar, a continuación, algunos aspectos especialmente relevantes de las relaciones entre ciencia, filosofía y teología.

a) *Los límites de la ciencia experimental*

¿Existen ámbitos de la realidad que no caen en absoluto bajo el control experimental, y que por lo tanto no pueden ser objeto de las ciencias experimentales? Para responder a tan importante pregunta, hay que tener en cuenta que el control experimental supone la posibilidad de efectuar experimentos que, al menos en principio, sean repetibles. Por tanto, si existen ámbitos de la realidad en los que no se dan esas condiciones, no podrán ser estudiados mediante el método experimental.

La ciencia experimental es incapaz de responder a este interrogante. No puede decir nada a favor o en contra de que existan realidades que caen fuera de su control, ya que, por principio, sólo es competente acerca de realidades que sean experimentalmente controlables. Por consiguiente, si se pretende apoyar sobre bases científicas la negación de realidades espirituales (como el alma humana y Dios), se realiza una extrapolación injustificada que va en contra del verdadero espíritu científico.

Esto tiene implicaciones importantes por lo que respecta a las ciencias humanas y sociales. En la medida en que el hombre posee unas características que se encuentran por encima de lo puramente material, el estudio científico-experimental del hombre y de su comportamiento individual y social no puede pretender agotar la realidad que considera. Esto no significa que lo humano, tanto individual como social, no pueda ser objeto de la ciencia experimental bajo ningún aspecto, puesto que todo el ser humano se encuentra relacionado de algún modo con lo material: por tanto, existe un amplio campo para la investigación experimental. Sin embargo, las teorías reduccionistas tales como el materialismo, el conductismo, y los determinismos sociales o históricos, se basan en ideologías ajenas al método experimental y, si se presentan como si estuvieran avaladas por la ciencia, habrán de ser calificadas como falsas teorías pseudocientíficas.

b) *Presupuestos filosóficos de las ciencias*

La actividad científica se apoya sobre unos supuestos cuyo estudio es una tarea filosófica e incluso teológica. Se trata de los primeros principios del ser y del conocer, que constituyen la base de cualquier ciencia. Por ejemplo, en la ciencia siempre suponemos que lo que sucede tiene causas que lo explican (causalidad), que no pueden existir aspectos incompatibles ni en la realidad ni en nuestro pensamiento (no-contradicción), y que el mundo tiene una consistencia propia y se encuentra ordenado.

A veces se dice que el progreso científico puede invalidar ese tipo de nociones básicas. Por ejemplo, se afirma que la física cuántica invalida el principio de causalidad e incluso la noción misma de una realidad objetiva independiente. Werner Heisenberg escribió: «Puesto que todos los experimentos están sometidos a las leyes de la mecánica cuántica y por tanto a las relaciones de indeterminación, resulta que la invalidez de la ley causal queda definitivamente constatada por la mecánica cuántica» [51]. Y Niels Bohr, en la misma línea, afirmó que: «... incluso términos como *ser* y *conocer* pierden su significado no ambiguo [...] no puede ascribirse una realidad independiente en el sentido físico ordinario ni a los fenómenos ni a los agentes de observación» [52]. Parecería, pues, que la física exige prescindir de conceptos básicos del sentido común, y que estos conceptos no pueden ser utilizados para valorar las ideas de la física. ¿Es esto cierto?

Sí y no. Cuando se trata de enunciados que sobrepasan las posibilidades del conocimiento ordinario, es obvio que su validez debe apreciarse mediante los métodos específicos de la ciencia correspondiente. Pero tales métodos utilizan necesariamente los recursos básicos de todo conocimiento válido, o sea, la experiencia y la lógica. Una analogía puede ilustrarlo. En una carrera de 100 metros lisos, pueden utilizarse controles técnicos especiales para decidir quién ha llegado primero, y en ocasiones puede ser imprescindible hacerlo. Pero esos controles electrónicos no tendrían sentido sin el conocimiento ordinario: se sabe que existe una pista, que unos atletas toman la salida y que los mismos atletas llegan a la meta en un cierto orden, y estos datos del conocimiento ordinario son la base indispensable para aplicar los controles técnicos. De modo semejante, los métodos y resultados de la física suponen que existe una realidad exterior, diferente del pensamiento del físico, y que en ella se da un orden natural, de acuerdo con leyes objetivas, de modo que todo suceso tiene una causa que lo ha provocado. Hay que suponer además que existe por parte del físico la capacidad de conocer la realidad, y de razonar lógicamente de modo correcto. Sin esos supuestos, la física no tendría sentido.

51. W. HEISENBERG, «Über den anschaulichen Inhalt der quententheoretischen Kinematik und Mechanik», *Zeitschrift für Physik*, 43 (1927), p. 197.

52. N. BOHR, *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge 1934, pp. 19 y 54.

Los problemas referentes a la mecánica cuántica surgieron desde los comienzos de su formulación, alrededor de 1927. Se pretendía prescindir de factores inobservables, como las trayectorias de las partículas subatómicas, y utilizar sólo magnitudes observables, como los cambios de energía que se registran en los fenómenos atómicos y que siguen las leyes de la cuantificación. A esto se añade la imposibilidad de proporcionar representaciones intuitivas de los fenómenos microfísicos, de tal modo que los modelos corpuscular y ondulatorio son ambos parciales. Además, el principio de indeterminación de Heisenberg establece límites respecto a la precisión con que pueden medirse pares de variables conjugadas, tales como la posición y el momento de una partícula. Por fin, según la interpretación probabilista, la teoría no puede proporcionar predicciones sobre el comportamiento de las partículas individuales en los casos singulares, sino tan sólo probabilidades que se refieren a conjuntos de acontecimientos. En este contexto se situó la polémica de 1927 entre Einstein y Bohr, y su desarrollo a raíz del experimento imaginario propuesto por Einstein y dos colaboradores en 1935. El resurgimiento de la polémica con motivo de las desigualdades formuladas por John Bell en 1965 ha llevado a realizar experimentos capaces de decidir los problemas planteados. Aunque los experimentos de Alain Aspect y colaboradores parecen haber inclinado, desde 1982, la balanza en favor de Bohr, las discusiones continúan[53]. Estas discusiones ayudan a diferenciar el determinismo y la causalidad, y a conocer nuevos aspectos, a veces insospechados, de la naturaleza. Pero no afectan a un realismo básico que siempre se encuentra supuesto en la actividad científica.

Anteriormente hemos analizado *tres supuestos generales de la actividad científica*: la existencia de un orden natural, la capacidad humana para conocerlo, y la existencia de unos objetivos de la ciencia que son considerados como valores. Además, hemos explicado que *la retroacción del progreso científico sobre esos supuestos los retrojustifica, los amplía y eventualmente los precisa*. Y hemos afirmado que esta perspectiva proporciona un puente sólido e interesante para desarrollar el diálogo entre la ciencia, la metafísica y la teología. Estos tres supuestos forman parte de la ciencia, porque son condiciones necesarias sin las cuales la ciencia no podría existir ni tendría sentido; y, al mismo tiempo, su consideración cae fuera del ámbito de estudio de la ciencia, y exige que se adopte un punto de vista filosófico. Precisamente por este motivo constituyen un puente válido entre las ciencias por un lado, y la metafísica y la religión por el otro: porque pertenecen a las ciencias pero su estudio es una tarea filosófica e incluso teológica.

Existen supuestos particulares en las distintas disciplinas científicas. Esto es especialmente importante en las ciencias humanas, porque *las ciencias humanas se apoyan en algún tipo de imagen acerca del hombre y de su conducta*, y su pro-

53. Puede verse, por ejemplo: S. DELIGEORGES (ed.), *Le monde quantique*, Éditions du Seuil, Paris 1984; F. SELLERI, *El debate de la teoría cuántica*, Alianza, Madrid 1986.

greso proporciona nuevas ideas acerca del hombre: también aquí se da una retroacción del progreso sobre los supuestos. En estas ciencias, *el método que se adopta depende de nuestra imagen del hombre y tiene implicaciones sobre ella*. Por ejemplo, si se adopta un método conductista en psicología, se da por supuesto que, de algún modo, la interioridad humana es irrelevante: sólo interesa la conducta que se puede observar desde fuera. Las teorías de la economía, en otro ámbito, a veces se basan en modelos de la acción humana que suponen un comportamiento básicamente egoísta. Sin duda, es posible utilizar este tipo de enfoques como métodos particulares, sin atribuirles un significado global; pero es fácil que esos métodos refuercen la idea del ser humano en que se apoyan.

Por consiguiente, *el problema de los supuestos de la ciencia tiene especiales repercusiones en el caso de las ciencias humanas*. Si utilizamos en física un modelo mecánico, lo peor que puede suceder es que, si lo llevamos más allá de sus posibilidades reales, el modelo no funcione y nuestros intentos fracasen. En cambio, en el ámbito de las ciencias humanas pueden suceder cosas mucho peores, y la experiencia muestra que, a veces, suceden: las teorías psicológicas, económicas, sociológicas o históricas pueden conducir a una praxis demasiado sesgada o simplemente equivocada, que tenga consecuencias dañinas para el bien de las personas y de las sociedades, de tal modo que se produzcan males irremediables, incluso a gran escala.

c) *Cuestiones fronterizas y solapamientos parciales*

Nos hemos referido a los *supuestos generales* de las ciencias experimentales. Tienen una importancia especial porque siempre están presentes, y por este motivo proporcionan puentes para conectar las ciencias con los ámbitos humanísticos.

Existen también otras conexiones más específicas, tales como las cuestiones fronterizas, las conexiones subjetivas y los solapamientos parciales.

En la actualidad, se habla mucho de las *cuestiones fronterizas* entre la ciencia y la metaciencia (sea metafísica o teología). Los *supuestos generales de la ciencia*, tal como se acaba de mostrar, pueden ser considerados como auténticas cuestiones fronterizas que conectan la ciencia y la metaciencia. Otras presuntas cuestiones fronterizas pueden ser consideradas más bien como *conexiones subjetivas* o *solapamientos parciales*. A continuación analizaremos esta cuestión, haciendo referencia a las cuestiones fronterizas entre ciencia y teología, porque ése es el ámbito donde se suelen plantear estos problemas; pero las consideraciones que expondremos suelen servir también cuando se trata de examinar las relaciones entre ciencia y metafísica.

En la actualidad, muchos teólogos piensan que el modo mejor de abordar las relaciones entre ciencia y teología es el diálogo. En este contexto suele decir-

se que la ciencia conduce a cuestiones fronterizas que están conectadas con la teología. Ian Barbour dice que la independencia entre ciencia y religión es un buen punto de partida porque preserva el carácter propio de las dos empresas: ciencia y religión poseen sus peculiares métodos, preguntas, actitudes, funciones y experiencias. Pero también añade que la perspectiva de «independencia» encuentra serias dificultades que él resume de este modo: «Si la ciencia y la religión fuesen totalmente independientes, se evitaría la posibilidad de conflicto, pero también quedaría excluida la posibilidad de un diálogo constructivo y de un enriquecimiento mutuo. No experimentamos la vida como claramente dividida en compartimentos separados; la experimentamos en totalidad e interconexión antes de desarrollar disciplinas particulares para estudiar sus diferentes aspectos. Existen también fundamentos bíblicos para admitir que Dios es Señor de toda nuestra vida y de la naturaleza, más que de una esfera «religiosa» separada. La articulación de una teología de la naturaleza que estimule una fuerte preocupación ambiental es también una tarea de importancia crítica hoy día»[54].

Cuando se refiere a las cuestiones fronterizas, Barbour habla, en primer lugar, de los supuestos generales de la ciencia. Ya nos hemos referido a ellos. Después, Barbour menciona a Thomas Torrance con estas palabras: «En escritos recientes, él [Torrance] dice que la ciencia, en sus fronteras, plantea cuestiones religiosas que no pude responder. Llevándonos hacia atrás a la historia temprana del cosmos, la astronomía nos fuerza a preguntar por qué se dieron unas determinadas condiciones iniciales. La ciencia nos muestra un orden que es a la vez racional y contingente (o sea, sus leyes y condiciones iniciales no son necesarias). Es la combinación de contingencia e inteligibilidad lo que nos impele a buscar nuevas e inesperadas formas de orden racional. El teólogo puede responder que Dios es el fundamento creativo y la razón del orden unitario, contingente pero racional, del universo»[55].

En este texto encontramos tres diferentes candidatos a cuestiones fronterizas. El tercero es la combinación de contingencia e inteligibilidad en la naturaleza. Se trata de un candidato muy serio, y se encuentra estrechamente relacionado con los supuestos generales de la ciencia (con los supuestos ontológicos, en concreto); sin embargo, ni la contingencia ni la inteligibilidad son, hablando con propiedad, parte de la ciencia, ya que son, más bien, el resultado de una reflexión filosófica sobre los supuestos y los logros de la ciencia. El segundo candidato es la especificidad de las condiciones iniciales del universo; es citado frecuentemente como una cuestión fronteriza muy importante, por ejemplo en la forma del denominado «principio antrópico». Y el primer candidato contiene una especie de definición de lo que es una cuestión fronteriza, ya que se nos dice que «la ciencia, en sus fronteras, plantea cuestiones religiosas que no puede responder».

54. I. BARBOUR, *Religion in an Age of Science*, Harper, San Francisco 1990, p. 16.
55. Ibíd., p. 18. Torrance se ha ocupado detenidamente de este tema en: T. TORRANCE, *Divine and Contingent Order*, Oxford Univesity Press, Oxford 1981.

John Polkinghorne ha expresado una idea similar. En una de sus conferencias ha dicho: «En segundo lugar —y éste es uno de los puntos que más deseo subrayar en esta conferencia— existen cuestiones que surgen de la ciencia y que insistentemente reclaman una respuesta, pero que, por su propio carácter, trascienden el ámbito de competencia de la ciencia. Existe una sensación, ampliamente difundida entre los científicos en activo, especialmente entre aquellos de nosotros que hemos trabajado en física fundamental, de que en el mundo hay más de lo que encuentra el ojo científico. Como resultado de esa sensación, vivimos en una época en la que está teniendo lugar un resurgimiento de la teología natural, en gran parte por obra de los científicos más que de los teólogos»[56].

Obviamente, si «existen cuestiones que surgen de la ciencia y que insistentemente reclaman una respuesta, pero que, por su propio carácter, trascienden el ámbito de competencia de la ciencia», ésas serán típicas cuestiones fronterizas. Pero ¿pueden realmente existir? Deberían estar estrechamente relacionadas con la ciencia, ya que se nos dice que «surgen de la ciencia». Pero no serían cuestiones científicas en sentido propio. Entonces ¿qué significa que, aunque no son científicas, «surgen de la ciencia»? Es mucho más fácil de entender que no pueden encontrar su respuesta en la ciencia porque, si no son estrictamente científicas, es imposible proporcionarles una respuesta usando los métodos de la ciencia.

Hablando propiamente, las genuinas cuestiones fronterizas no pueden surgir de la ciencia. Esto es una consecuencia del *desfase metodológico* que existe entre ciencia y metafísica, o entre ciencia y teología, que siempre debería ser respetado cuidadosamente. Por tanto, si las cuestiones fronterizas están incluidas en la ciencia experimental, sólo pueden estarlo de modo implícito. Se puede establecer el diálogo entre ciencia y religión usando una mediación filosófica que se base en una reflexión explícita sobre algunos aspectos que se encuentran solamente implícitos en el trabajo científico. Esta es la idea que ya hemos aplicado a los supuestos generales de la ciencia. Esta perspectiva hace posible entender cómo pueden surgir genuinas cuestiones fronterizas y también como pueden ser estudiadas.

Barbour también se refiere a Ernan McMullin como un partidario del diálogo, y cita un pasaje en el que McMullin expresa una visión muy equilibrada que estimula el diálogo evitando, al mismo tiempo, un compromiso demasiado estrecho con logros científicos particulares que no tienen un carácter definitivo: «El cristiano no puede separar su ciencia de su teología como si fuesen en principio incapaces de interrelacionarse. Por otra parte, ha aprendido a desconfiar de los caminos demasiado simples que van de la una a la otra. Debe aspirar a algún tipo de coherencia en su cosmovisión [...] Puede, e incluso *debe*, esforzarse para poner en consonancia su teología y su cosmología en las contribuciones que ambas aportan a su cosmovisión. Pero esta consonancia (como muestra la historia) es

56. J. C. POLKINGHORNE, «A Revived Natural Theology», en: J. FENNEMA y I. PAUL (eds.), *Science and Religion. One World: Changing Perspectives on Reality*, Kluwer, Dordrecht 1990, p. 88.

una relación tentativa, que se encuentra constantemente bajo escrutinio, en constante y suave cambio»[57].

Estas reflexiones pueden llevarnos a distinguir *tres clases de cuestiones fronterizas* que tienen un carácter muy diferente. La primera clase incluye problemas científicos particulares que pueden ser una fuente subjetiva de reflexiones religiosas; pueden denominarse *conexiones subjetivas*. En esta línea, el astrofísico que estudia las teorías científicas acerca del origen del universo se puede sentir impelido a pensar en el problema filosófico y teológico de la explicación última del universo; la astrofísica puede desempeñar un papel en este asunto, pero la cuestión misma se encuentra más allá del campo puramente científico y no puede ser abordada seriamente a menos que adoptemos una perspectiva metafísica y teológica. La segunda clase de cuestión fronteriza se refiere a *solapamientos parciales* que pueden existir si algunos puntos particulares pertenecen a la vez a la ciencia y a la religión. La tercera clase se refiere a los *supuestos generales de la ciencia y a las perspectivas generales acerca de sus logros*. Este tercer grupo proporciona el mejor material para las cuestiones fronterizas. Ya nos hemos referido a él; diremos, pues, algo más sobre las otras posibilidades.

Cuando se dice que «existen cuestiones que surgen de la ciencia y que insistentemente reclaman una respuesta, pero que, por su propio carácter, trascienden el ámbito de competencia de la ciencia», nos encontramos con *conexiones subjetivas* que dependen de la sensibilidad de cada científico individual. Si bien puede suceder que correspondan a problemas objetivos, se trata de problemas que pueden ser puestos entre paréntesis o dejados de lado en el trabajo científico.

Los científicos son seres humanos que, como cualquier otra persona, deben afrontar problemas filosóficos y teológicos, y a veces puede suceder que algunas situaciones científicas les muevan a plantear tales problemas. Sin embargo, cuando los científicos se plantean tales cuestiones, están empezando a comportarse como filósofos o teólogos. Tienen, sin duda, el derecho a comportarse de esa manera. Pero en ese caso sus reflexiones ya no son puramente científicas, y deberían ser valoradas de acuerdo con los correspondientes criterios filosóficos o teológicos. El origen de esos problemas puede ser denominado científico solamente en un sentido amplio, en tanto que una situación científica ha actuado como estímulo para activar una actitud filosófica o teológica. Una misma situación puede inspirar pensamientos metafísicos a un científico y no a otro. Esto equivale a decir que si un problema es una genuina cuestión científica, no puede ser considerado propiamente como una cuestión metafísica o religiosa.

Un buen ejemplo es la cosmología, que ordinariamente es considerada como una fuente de presuntas cuestiones fronterizas. Algunos sostienen hoy día que

57. E. McMullin, «How Should Cosmology Relate to Theology?», en: A. Peacocke (ed.), *The Sciences and Theology in the Twentieth Century*, University of Notre Dame Press, Notre Dame (Indiana) 1981, p. 52.

«existe evidencia suficiente hoy día para justificar la creencia en que el universo comenzó a existir sin una causa»[58]. Sin embargo, por muy intrigantes que puedan ser las fluctuaciones cuánticas y la gravedad cuántica, es poco riguroso plantear una autocreación del universo a partir de la nada de acuerdo con leyes físicas como una posibilidad real. Desde luego, si los problemas se plantean de este modo, podemos tener cuantas cuestiones fronterizas deseemos. Sin embargo, es inevitable preguntarse si estos problemas realmente surge de la ciencia o más bien deberían ser considerados como un tipo de teología-ficción. Si planteamos el problema del ser y del significado último del universo, estamos encarando un problema filosófico y teológico; al estudiarlo, deberemos incluir el conocimiento relevante proporcionado por las ciencias, pero eso es ya otro tipo de cuestión. De hecho, los pensadores cristianos coinciden en que los argumentos usados en la cosmología científica acerca del origen y evolución del universo no pueden probar ni negar la doctrina cristiana sobre la creación[59].

En la misma línea, el «principio antrópico» suele considerarse como otra cuestión fronteriza. Sus diferentes versiones coinciden en afirmar que las condiciones de nuestro mundo son enormemente específicas y que eso hace posible nuestra existencia. A primera vista, este principio parece un buen candidato para ocupar ese puesto. Sin embargo, debería ser considerado más bien como un nuevo ejemplo de la tendencia que tienen los científicos a relacionar las cuestiones metafísicas con sus problemas científicos. En la medida en que los científicos son personas humanas que participan en los intereses de las demás personas, podemos encontrar tantas cuestiones fronterizas como deseemos. Pero esto no resolvería nuestro problema. La ciencia puede comportarse como un catalizador de actitudes metafísicas, pero eso no significa que la ciencia por sí misma implique ningún problema metafísico: de hecho, adopta un punto de vista que no es metafísico.

En nuestra opinión, ningún problema que pueda ser formulado dentro de la ciencia empírica puede ser considerado como una cuestión fronteriza. En la medida en que afrontamos cuestiones que son propiamente científicas, no necesitamos apelar a razones extra-científicas; en efecto, si necesitamos razones meta-científicas para formular o resolver un problema concreto, esto significa que ese problema no puede ser considerado como un problema científico en sentido estricto. Los problemas científicos, cuando están formulados de modo adecuado, tienen soluciones científicas. Las cuestiones metafísicas pertenecen a una perspectiva que sobrepasa el ámbito científico, y deben ser estudiadas desde un punto de vista metafísico.

58. Q. SMITH, «The Uncaused Beginning of the Universe», *Philosophy of Science*, 55 (1988), p. 39.

59. Cfr. S. L. JAKI, «From Scientific Cosmology to a Created Universe», *The Irish Astronomical Journal*, 15 (1982), pp. 253-262; E. MCMULLIN, «How Should Cosmology Relate to Theology?», cit.

Desde el punto de vista histórico, las fronteras entre la ciencia por una parte, y la filosofía y la religión por la otra, a veces han cambiado. En ese caso podemos hablar de *solapamientos parciales*. Encontramos un ejemplo obvio en el sistema copernicano. El geocentrismo parecía estar avalado por el sentido común y la religión, pero la ciencia finalmente mostró que estaba equivocado. Sin embargo, una situación de este tipo difícilmente puede ser considerada como una genuina cuestión fronteriza; se trata más bien de una cuestión fáctica que no contradice a la existencia de un desfase metodológico entre ciencia y religión. De hecho, debemos tomar en cuenta muchas circunstancias históricas muy específicas y contingentes si deseamos colocar el caso Galileo en su perspectiva real: no podemos olvidar, por ejemplo, que en aquellos momentos ni Galileo ni ninguna otra persona era capaz de proporcionar pruebas de la teoría heliocéntrica, cosa que fue posible más tarde utilizando nuevos argumentos científicos. Por tanto, entonces no se planteaba una genuina cuestión fronteriza. Lo que sucedió fue que la ciencia experimental extendió su ámbito a un problema que previamente había sido considerado de otro modo: pero ese problema pudo ser formulado y resuelto utilizando argumentos puramente científicos.

En tales casos, cuando el mismo problema es abordado por la ciencia y la metafísica o la religión al mismo tiempo, se puede hablar de *solapamientos parciales* que deberían resolverse clarificando los argumentos respectivos. Con frecuencia, los debates entre ciencia y religión se centran en torno a problemas de este tipo. Hoy día, la mayoría de tales debates se deben al abuso de la ciencia por parte de un naturalismo científico que se presenta como si fuese una consecuencia de la ciencia, cuando en realidad es sólo una extrapolación pseudo-científica.

Un tipo diferente de «solapamiento parcial», y ciertamente muy importante, es el uso del conocimiento científico en los argumentos metafísicos o teológicos. Entre las cuestiones que habitualmente se consideran fronterizas, muchas pertenecen a esta categoría. El caso más frecuente de tal solapamiento tiene lugar cuando conocimientos científicos particulares se usan como parte de los argumentos de la teología natural en las pruebas de la existencia de Dios.

La información científica se puede usar en la teología natural como cualquier otra información. Sin embargo, antes debe ser sometida a valoración epistemológica, y esto no es un problema trivial. Para utilizar información científica en un contexto metafísico o teológico debemos antes reflexionar filosóficamente sobre ella; en efecto, sólo la filosofía es suficientemente homogénea con la metafísica o la teología natural, mientras que la ciencia empírica no lo es. Esto debería recordarse, por ejemplo, cuando se utiliza la evolución en contra del argumento basado en el designio, como si las explicaciones científicas acerca de la estructura y adaptación de las plantas y animales mostraran que el argumento en favor de un plan divino no es plausible. De hecho, si se concibe la acción divina como la propia de la Causa Primera, es absolutamente compatible con la actividad de las causas naturales, y críticas de ese estilo sólo serían efectivas contra argumentos que utilicen una perspectiva filosófica inadecuada.

El desfase metodológico entre la ciencia empírica por una parte, y la metafísica y la teología por la otra, es muy amplio. Es posible salvarlo, pero el puente debe incluir reflexiones filosóficas que, aunque deben ser coherentes con la ciencia, no pueden ser consideradas como una simple consecuencia de ella. Esta conclusión corresponde a los hechos; en efecto, las discusiones sobre teología natural inevitablemente caen fuera del ámbito de la ciencia y se centran en torno a argumentaciones filosóficas, incluso cuando la ciencia es considerada como su fuente o como un punto central en ellas.

20. Ciencias y valores humanos

El doble objetivo de la ciencia tiene un carácter ético. En efecto, el objetivo teórico (conocimiento de la naturaleza) se relaciona con la búsqueda de la verdad y exige una actitud de objetividad, y el objetivo práctico (dominio controlado de la naturaleza) se relaciona con la consecución de medios que hacen posible una vida más humana, o sea, con el servicio a la humanidad.

Nos embarcamos en la empresa científica porque consideramos que sus objetivos son valores; en caso contrario, no los buscaríamos. De ahí surge la pregunta: ¿qué relación existe entre los valores científicos y los valores humanos que dan sentido a nuestra vida? Examinaremos ahora por qué existen valores científicos, qué valores son esenciales a la empresa científica, y cuál es el impacto del progreso científico sobre ellos.

20.1. *Dimensiones éticas de la ciencia*

La ciencia experimental suele ser considerada como algo independiente de los factores personales y subjetivos que se asocian con los valores; por tanto, parece ser una empresa libre de valores. Sin embargo, como actividad humana dirigida hacia objetivos, debe incluir algún tipo de valores: al menos, aquéllos que se refieren a sus objetivos y a los medios necesarios para alcanzarlos.

Hablar de valores en relación con la ciencia experimental no es una tarea fácil. En efecto, la marca distintiva de la ciencia experimental es la objetividad, la cual, por su propia naturaleza, significa independencia de factores subjetivos y personales, mientras que los valores se encuentran estrechamente relacionados con los intereses y compromisos personales. Esto explica por qué, durante mucho tiempo, se ha dicho que la ciencia experimental no tiene nada que ver con los valores; sólo la ciencia aplicada o tecnología, que se ocupa de los problemas prácticos de la vida humana, estaría implicada en los problemas acerca de los valores. Además, los científicos suelen tener un gran interés en considerar a su ciencia como libre de valores porque temen que, si permitieran discusiones acerca de valores dentro de la ciencia, se verían envueltos en interminables discusiones y perderían su autonomía.

Parece fácil abrir las puertas de la ciencia a los valores cuando advertimos que la objetividad misma puede ser considerada como un valor. Sin embargo, la objetividad parece incompatible con cualquier clase de valor que implique evaluaciones. Si se acepta la distinción clásica entre «hechos» y «valores», parece inevitable concluir que se debería aceptar también la distinción entre dos ámbitos diferentes: por una parte, el ámbito donde la objetividad reina, y por otra parte el ámbito, legítimo pero completamente diferente, de los sentimientos, emociones, interpretaciones y preferencias subjetivos. Los valores diferentes de la objetividad parecen pertenecer a este segundo ámbito subjetivo y quedarían excluidos de la perspectiva científica.

Podemos incluso preguntar por qué deberíamos apreciar la objetividad. La respuesta no es nada trivial. De hecho, la objetividad parece estar estrechamente vinculada con la perspectiva analítica que intenta racionalizarlo todo, dejando de lado los aspectos más apreciados de la vida humana y creando una especie de vacío racional donde no hay lugar para sentimientos y valoraciones personales. Después de todo, podría decirse que quizás deberíamos controlar la ciencia objetiva y no dejar que invada el ámbito de los valores humanos.

Esta cuestión se encuentra en el centro de algunos problemas importantes de nuestra civilización. Los malentendidos en torno a la objetividad científica y a su significado ético son corrientes en la cultura contemporánea.

En este ámbito, la pregunta clave es: ¿se puede reducir la objetividad científica al nivel analítico?, ¿puede ser considerada como una herramienta puramente instrumental?

La respuesta es negativa. *La objetividad científica es un valor ético porque representa un modo concreto de buscar la verdad, y la búsqueda de la verdad es un valor ético fundamental en la vida humana.*

La ciencia experimental está libre de valores sólo si consideramos sus aspectos más pragmáticos. En efecto, cualquiera puede aprender a trabajar bien en la ciencia, y puede realizar un buen trabajo independientemente de sus ideas filosóficas o religiosas. Sin embargo, hasta el científico con menos mentalidad filosófica trabaja en la ciencia siguiendo un camino que se caracteriza por la búsqueda de un conocimiento de la naturaleza que se pueda someter a control experimental, y esto tiene un significado ético: concretamente, que el doble objetivo de la ciencia experimental merece ser buscado.

La ciencia experimental también puede ser considerada como libre de valores en la medida en que no la consideramos como una actividad humana dirigida hacia objetivos, sino como una colección de resultados. Ciertamente, muchos de esos resultados no tendrán un significado ético. Sin embargo, incluso en tal caso no deberíamos olvidar que, en ocasiones, un resultado aislado, y a veces muchos de ellos reunidos, pueden tener implicaciones en nuestra cosmovisión y, de este modo, pueden ejercer un impacto sobre algunos de nuestros valores o, al menos, sobre los medios para valorarlos o para llevarlos a la práctica.

Como empresa humana dirigida hacia objetivos, la ciencia experimental incluye algunos valores: al menos, los que se relacionan con sus objetivos. Pero estos valores funcionan como supuestos implícitos que pueden ser ignorados en el trabajo científico rutinario; la tarea de analizarlos y valorarlos es una tarea metacientífica. La ciencia está libre de valores en el sentido de que posee una autonomía que debe ser respetada; pero la existencia misma de esta obligación indica que la ciencia incluye algunos valores éticos, y por eso es digna de respeto.

Vamos a examinar ahora los valores que son parte esencial de toda la empresa científica, o sea, los que se relacionan con los *objetivos generales* de la ciencia, por una parte, y con los *aspectos institucionales* de la ciencia como empresa comunitaria, por otra. Ambos tipos de valores están estrechamente relacionados, porque la ciencia como institución puede ser considerada como la manifestación social de la empresa científica dirigida hacia unos objetivos específicos.

Denominaremos *constitutivos* a los valores relacionados con los objetivos generales de la ciencia, porque son los que definen la estructura básica del trabajo científico, e *instrumentales* a aquéllos que corresponden al aspecto social e institucionalizado de la ciencia.

20.2. *Valores constitutivos*

Los *valores constitutivos* se refieren a los objetivos internos que caracterizan a la empresa científica en sí misma, dejando aparte los fines particulares de individuos y comunidades. No cambian, mientras que los fines particulares de los científicos pueden cambiar. El doble objetivo de la ciencia experimental indica los valores más importantes de la empresa científica, o sea, la *búsqueda de la verdad* y el *dominio controlado de la naturaleza* como medio para *servir a la humanidad*.

Estos valores son *constitutivos* porque son valores internos, característicos y necesarios de la ciencia experimental en todas sus modalidades. Se encuentran supuestos en cualquier otro tipo de valor, que siempre será externo y accidental con relación a ellos.

Cuando consideramos a la ciencia experimental bajo esta perspectiva, su significado en términos de valores es doble: posee un valor *cognitivo* que se refiere al conocimiento del mundo natural, y un valor *práctico* que se refiere al dominio controlado de la naturaleza. Como ya hemos visto que en la ciencia experimental alcanzamos un conocimiento que puede ser considerado como un verdadero conocimiento de la naturaleza, podemos decir ahora que el valor cognitivo de la ciencia consiste principalmente en la *búsqueda de la verdad*. En otro sentido, podemos argumentar que el valor práctico de la ciencia consiste en proporcionar medios para *servir a la humanidad*. Éstos son los valores centrales que

caracterizan a la ciencia experimental en sí misma, independientemente de los fines particulares que les puedan ser sobreañadidos por los científicos individuales, por individuos desde fuera de la ciencia, o por sociedades.

Los valores centrales recién indicados van unidos a otros valores particulares que contribuyen a su realización, y que podemos denominar *valores epistémicos* y *valores prácticos*.

a) *Valores epistémicos*

Podemos hablar de *valores epistémicos*, en plural, como aquellas características que deberían poseer las construcciones científicas para ser instrumentos eficaces para alcanzar el objetivo cognitivo de la ciencia. Refiriéndose a este tipo de valores, Ernan McMullin dice que los denomina *epistémicos* «porque se supone que promocionan el carácter de verosimilitud de la ciencia» [60]. Hablando estrictamente, son solamente valores *instrumentales* que sirven para promover el valor cognitivo central, o sea, la búsqueda de la verdad.

Ya hemos analizado este tipo de valores al discutir los criterios de aceptabilidad de las teorías. Los cinco valores de Thomas S. Kuhn incluyen la *precisión*, la *consistencia*, el *alcance*, la *simplicidad* y la *eficacia*. McMullin los comenta, introduciendo algunas cualificaciones [61]. McMullin subraya, con razón, que la *precisión predictiva* es el *desideratum* que los científicos ordinariamente pondrían en el primer lugar. McMullin también comenta la *coherencia interna*, la *consistencia externa* y el *poder unificador*, y luego subraya la importancia de la *eficacia*. Efectivamente, la eficacia es un valor epistémico crucial. Los especialistas aprecian las leyes y las teorías que poseen un alto poder heurístico, aunque sean tan generales que sea muy difícil demostrarlas.

La utilización de valores epistémicos tales como los recogidos por Kuhn y McMullin es necesaria para el progreso de la ciencia experimental. Sin embargo, los valores epistémicos no nos proporcionan reglas infalibles o procedimientos algorítmicos automáticos; solamente indican qué tipo de cualidades deberíamos apreciar si perseguimos el objetivo cognitivo de la empresa científica: son medios falibles para alcanzar el objetivo cognitivo general de la ciencia. En la medida en que representan propiedades ideales que deberían cumplir nuestras construcciones, pueden evolucionar, e incluso pueden colisionar unos con otros. En este último caso debemos encontrar un camino para armonizarlos, pero no existe ningún algoritmo infalible que pueda sustituir a nuestra decisión.

60. E. McMullin, «Values in Science», en: E. D. Klemke, R. Hollinger y A. D. Kline (eds.), *Introductory Readings in the Philosophy of Science*, cit., p. 364.

61. Ibíd., pp. 360-361.

b) *Valores prácticos*

Hemos distinguido, en el ámbito cognitivo, el valor cognoscitivo general de la ciencia y los valores plurales específicos que sirven como instrumentos para decidir sobre la aceptabilidad de las teorías particulares. De modo semejante, podemos distinguir ahora el valor práctico general de la ciencia y los valores específicos particulares que son parte suya. El valor práctico general puede identificarse con el *servicio a la humanidad* que se logra mediante la tecnología. El *valor práctico* de la ciencia experimental en su conjunto consiste en la posibilidad de utilizar sus resultados para conseguir un dominio controlado de la naturaleza y, de este modo, mejorar las condiciones de la vida humana. Podemos hablar de *valores prácticos*, en plural, para referirnos a los diferentes logros prácticos conseguidos gracias al avance de las ciencias.

Desde el punto de vista histórico, el nacimiento sistemático de la ciencia experimental en el siglo XVII fue debido, en gran parte, al deseo de conseguir estas ventajas prácticas. Si existe un punto de convergencia en el cual todos coinciden, tal coincidencia se refiere a los logros prácticos que han sido posibles gracias al progreso de la ciencia experimental.

Obviamente, la ciencia experimental ha sido y continúa siendo utilizada para mejorar notablemente las condiciones de la vida humana. No es preciso hacer una lista del gran número de importantes ventajas que el progreso científico nos ha proporcionado y que se refieren a muchas áreas de nuestra vida. Por desgracia, los avances científicos también pueden ser utilizados para otros fines, y conocemos bien el poder destructivo de las nuevas tecnologías. Por tanto, existe una asimetría entre los valores cognitivos y prácticos de la ciencia. Los avances cognitivos siempre representan un valor positivo, mientras que sus aplicaciones prácticas pueden ser positivas o negativas desde el punto de vista ético. La posibilidad de utilizar la ciencia de modo negativo muestra claramente que la ciencia sola no puede ser la referencia última en la vida humana, ya que necesitamos apoyarnos en criterios éticos que nos ayuden a utilizar correctamente sus logros.

No puede identificarse la tecnología con la ciencia. La tecnología actual depende fuertemente de la ciencia, pero posee también sus características propias; esto se debe a que las teorías científicas, por lo general, no pueden aplicarse directamente para resolver problemas tecnológicos. Existe una distancia entre la ciencia teórica y su utilización práctica, y ese desfase debe llenarse utilizando reglas tecnológicas específicas. Por este motivo, si bien el progreso tecnológico es probablemente la razón principal en favor del prestigio de la ciencia experimental, no puede ser considerado como una prueba directa y completa de la verdad de todos los conocimientos científicos.

Las reglas tecnológicas son muy variadas, como también lo son las diferentes tecnologías, y su análisis detallado no tendría ninguna importancia para nuestro argumento.

El progreso en las aplicaciones tecnológicas de la ciencia es tan evidente que es probablemente la razón principal del apoyo social a la empresa científica. Tal como lo expresa Robert K. Merton: «Por supuesto, el criterio tecnológico del logro científico también tiene una función social para la ciencia. Las crecientes comodidades y conveniencias que se derivan de la tecnología y, en última instancia, de la ciencia, promueven el apoyo social a la investigación científica. También dan testimonio de la integridad del científico, puesto que las teorías abstractas y difíciles que no pueden ser comprendidas o evaluadas por los legos presumiblemente resultan probadas de una manera que puede ser comprendida por todos, esto es, mediante sus aplicaciones tecnológicas. La disposición a aceptar la autoridad de la ciencia reposa, en considerable medida, en su diaria demostración de poder. De no ser por tales demostraciones indirectas, el continuo apoyo social a esa ciencia que es intelectualmente incomprensible para el público difícilmente podría alimentarse de la fe sola»[62].

Merton subraya correctamente que, entre la gente corriente, la fiabilidad de la ciencia experimental se basa primariamente en el éxito de sus aplicaciones tecnológicas. Aunque sabemos que la tecnología debe complementar a la ciencia con medios tecnológicos que no son proporcionados sólo por la ciencia, la tecnología actual está basada, sin duda, en la ciencia, y sería completamente imposible sin un fundamento científico.

Todo esto significa que el progreso científico proporciona las ventajas prácticas prometidas por los precursores de la ciencia experimental. Francis Bacon tenía razón cuando subrayó la extraordinaria importancia social de la nueva ciencia. Merton lo expresa claramente cuando escribe: «Es probable que la reputación de la ciencia y su elevado *status* en la estimación del lego se deba en no pequeña medida a los logros tecnológicos. Toda nueva tecnología da testimonio de la integridad del científico. La ciencia realiza sus objetivos»[63].

Es también un hecho bien conocido que, desde el punto de vista ético, el progreso tecnológico es ambivalente. Aunque los dos objetivos de la ciencia experimental se encuentran estrechamente relacionados y entrelazados como dos aspectos de un único objetivo, poseen un estatuto ético muy diferente. En efecto, el objetivo teórico, o sea, la búsqueda de la verdad, es siempre por sí mismo un valor positivo; el único problema que puede eventualmente provocar se refiere a los medios empleados en la investigación. En cambio, la aplicación del conocimiento científico al dominio controlado sobre la naturaleza es esencialmente ambivalente. La ciencia debería ser utilizada en servicio de la humanidad, pero también puede ser usada para objetivos éticamente incorrectos.

El progreso científico nos proporciona una abundancia creciente de medios que son extraordinariamente útiles para muchos fines prácticos. Al mismo tiem-

62. R. K. MERTON, *La sociología de la ciencia*, cit., p. 347.
63. Ibíd., p. 367.

po, también plantea nuevos retos que deben ser afrontados con una responsabilidad creativa, especialmente cuando representan situaciones nuevas que tienen un impacto importante sobre la vida humana.

En un escrito publicado en 1938, Robert Merton dedicó una primera sección a reflexionar sobre las «Fuentes de hostilidad hacia la ciencia». En ese mismo escrito, más adelante, escribió: «Existe entre los científicos la tendencia a creer que los efectos sociales de la ciencia *deben* ser beneficiosos a la larga. Este artículo de fe cumple la función de brindar una justificación a la investigación científica, pero, manifiestamente, no enuncia un hecho»[64]. En esa ocasión también se refirió a la revuelta contra la ciencia en un tono muy claro, con alusión a: «... [la] revuelta incipiente que encontramos prácticamente en toda sociedad donde la ciencia ha alcanzado un alto grado de desarrollo [...] Se hace en gran medida responsable a la ciencia de proveer esos elementos para la destrucción humana que, se dice, pueden sumergir nuestra civilización en la noche y la confusión eternas»[65].

Poco después, el 6 de agosto de 1945 señaló el comienzo de una nueva era. Se ha repetido con frecuencia que ese día la ciencia perdió su inocencia. La era nuclear abrió nuevas dimensiones en la historia de la humanidad. Pero esto sólo fue el comienzo. El progreso en la biotecnología ha proporcionado medios insospechados que han abierto caminos éticamente ambivalentes. El poder de los seres humanos sobre el mundo físico, incluyendo sus mismas dimensiones físicas, se ha multiplicado de un modo que no tiene precedentes.

Por tanto, la retro-acción práctica del progreso científico nos lleva a afrontar nuevas responsabilidades éticas que aumentan proporcionalmente al progreso de las nuevas capacidades que nos proporciona la ciencia.

20.3. *Valores institucionales*

Los *valores institucionales* se refieren al trabajo científico en la medida en que se encuentra institucionalizado como una empresa común y, como tal, implica todo un conjunto de valores que deben ser buscados por los miembros de la comunidad científica.

Las consecuencias sociales del progreso científico no se limitan a las cuestiones tecnológicas. En efecto, si consideramos los valores institucionales de la ciencia, podemos advertir fácilmente que el progreso científico contribuye a difundirlos.

Esos valores se refieren a reglas que actúan dentro de la comunidad científica. Aunque no tienen necesariamente un carácter ético, se relacionan estrecha-

64. Ibíd., p. 350.
65. Ibíd., p. 348.

mente con valores éticos, y cuando el progreso científico los difunde, puede decirse que este hecho tiene implicaciones éticas positivas.

En esta línea, el Papa Juan Pablo II ha descrito la difusión de los valores científicos como un signo positivo de nuestra época. En contraste con algunos males que existen en nuestro mundo, él se vuelve hacia los signos positivos y escribe: «Pero al mismo tiempo vemos en amplios sectores de la comunidad humana una apertura crítica creciente hacia gente de diferentes culturas y ambientes, diferentes aptitudes y puntos de vista. Cada vez más frecuentemente la gente busca coherencia interna y colaboración, y descubren valores y experiencias que tienen en común incluso dentro de su diversidad. Esta apertura, este intercambio dinámico, es un rasgo notable de las comunidades científicas internacionales, y se basa en intereses comunes, objetivos comunes y una empresa común, junto con una profunda conciencia de que las ideas y logros de uno son con frecuencia importantes para el progreso del otro. De un modo semejante pero más sutil esto ha sucedido y continúa sucediendo entre grupos más diversos»[66].

De hecho, el número y el prestigio de las comunidades científicas ha crecido enormemente en el mundo contemporáneo. Esto significa que los valores institucionales de la ciencia experimental son respetados por un número siempre creciente de gente influyente. Aunque esos valores a veces son respetados por razones que no siempre son estrictamente éticas, se relacionan con la ética y, por consiguiente, su difusión implica la difusión de valores éticos. Los estándares éticos están siendo cada vez más respetados en muchos ámbitos sociales como una consecuencia del progreso de las ciencias. Desde luego, se puede objetar que este progreso va acompañado a veces por conductas incorrectas desde un punto de vista ético, pero las conductas negativas son una muestra de la ambivalencia ética de las consecuencias tecnológicas del progreso científico.

Por su propia naturaleza, la ciencia experimental favorece el aumento de los valores asociados a ella. La búsqueda de la verdad, decir la verdad, honestidad al informar de los resultados, integridad, tratar honestamente la evidencia, objetividad, rigor, cooperación, modestia intelectual y libertad de investigación son valores científicos institucionales que corresponden a lo que podríamos denominar «ética de la objetividad». Obviamente, estos valores no son exclusivos de la ciencia experimental; sin embargo, forman parte de la vida institucional de la ciencia, y el progreso científico tiende a difundirlos. Por otra parte, la ciencia experimental es una fuente importante de medios para mejorar las condiciones de la vida humana, aunque, como sucede de ordinario con los recursos humanos, los medios que proporciona el progreso científico pueden ser utilizados bien o mal desde el punto de vista ético.

66. JUAN PABLO II, «Message to the Rev. George V. Coyne», 1 de junio de 1988, en: R. J. RUSSELL, W. R. STOEGER y G. V. COYNE (eds.), *Physics, Philosophy, and Theology: A Common Quest for Understanding*, Vatican Observatory, Vatican City State 1988, p. M3.

Los valores institucionales se derivan del carácter comunitario de la empresa científica. Esto se puede percibir fácilmente si recordamos los valores institucionales enumerados por Robert Merton, que son, usando su vocabulario, los siguientes cuatro valores: *universalismo*, *comunismo*, *desinterés* y *escepticismo organizado*.

Probablemente el *universalismo* es el principal valor institucional. Sin embargo, también es un valor constitutivo central, porque se refiere al carácter intersubjetivo de las pruebas y construcciones científicas, que es un rasgo esencial de la ciencia experimental. En efecto, la exigencia de control empírico implica que las teorías se formulen en forma intersubjetiva, y también que los experimentos puedan ser repetidos por cualquiera; y esto implica la exigencia del universalismo: el término «universalismo» tiene sentido precisamente cuando consideramos los diferentes miembros individuales de la comunidad científica y hacemos explícito el requisito de que los procedimientos científicos deban estar disponibles para cualquiera de ellos si desean comprobar su validez. La *objetividad*, o la *intersubjetividad*, son valores muy cercanos al universalismo, aunque este término expresa mejor que los otros dos el carácter comunitario del valor correspondiente.

El *comunismo*, aun siendo un término un tanto desafortunado, es muy claro, y expresa otro aspecto del universalismo, concretamente la disponibilidad pública. En principio, los procedimientos y los resultados científicos podrían ser intersubjetivos aunque permanecieran como propiedad privada de sus descubridores o de alguna comunidad particular científica o política o económica. No existen garantías de que esto no pueda suceder en algún caso. Sin embargo, considerar el comunismo como un valor indica que la comunidad científica como tal piensa que eso debería ser combatido. De hecho, los científicos se apoyan en la publicación como en el primer paso de cualquier nuevo hallazgo que pretende ser considerado seriamente dentro de la comunidad científica.

Otro rasgo del valor del «comunismo» que Merton menciona es la *cooperación*, entendida como disposición para colaborar con otros. En su trabajo científico, los científicos ordinariamente necesitan de la cooperación de otros, y deben comportarse de modo cooperativo si desean ser admitidos como miembros de la comunidad científica. La cooperatividad siempre ha sido importante, pero en la actualidad esa importancia ha aumentado como consecuencia de la intensa especialización provocada por el progreso científico. La gran mayoría de los logros científicos son el resultado del trabajo cooperativo de gente asociada en equipo. En consecuencia, los científicos tienden a reconocer los logros de los demás, citándolos siempre que es necesario.

La cooperación incluye también la conciencia de la propia dependencia de la colaboración de otros y, por tanto, una cierta *humildad intelectual*. Obviamente, esto no significa que los científicos estén libres de vanidad y orgullo. Pero el trabajo en la ciencia experimental, para ser eficaz, exige un tipo de conducta que, en la medida en que incluye cooperación, dependencia de otros, y el reconoci-

miento de los logros de los demás, puede ser calificada como intelectualmente humilde o modesta desde el punto de vista objetivo.

El *desinterés*, en la perspectiva de Merton, se relaciona con el hecho de que la actividad de los científicos se encuentra sujeta a un control riguroso. Merton señala acertadamente que este valor se basa en el carácter público y comprobable de la ciencia, lo que equivale a admitir que también este valor institucional es una consecuencia de los objetivos generales de la ciencia experimental, los cuales incluyen la contrastabilidad empírica y, por tanto, la objetividad en el sentido de una intersubjetividad que debe estar abierta al control público.

Desde el punto de vista histórico, es un hecho que, cuando la ciencia empírica moderna comenzó a desarrollarse de modo sistemático en el siglo XVII, inmediatamente se fundaron sociedades científicas, como una expresión del carácter comunitario de la nueva ciencia. La exigencia de *publicidad* es esencial para la empresa científica.

Una consecuencia natural de este estado de cosas es que la *ausencia de fraude* debería ser lo normal, y esto es un valor institucional muy importante. Podemos notar de nuevo que esto no tiene una implicación directa sobre el carácter moral de los sujetos particulares; más bien es sólo una consecuencia de la institucionalización de la ciencia. Tampoco deberíamos concluir que no pueden darse errores en el ámbito científico; sabemos que algunos errores se han admitido durante siglos (el espacio y el tiempo absolutos de Newton son un claro ejemplo): no obstante, la exigencia de intersubjetividad y la existencia simultánea de una comunidad científica muy amplia proporcionan una garantía, aunque no sea infalible, de control intersubjetivo.

El *escepticismo organizado* se relaciona estrechamente con la actitud metodológica implicada por los objetivos generales de la ciencia experimental. En efecto, sabemos que un método que incluye el control empírico como ingrediente esencial es muy eficaz para obtener un conocimiento fiable del mundo natural, pero también sabemos que no puede conducirnos a una certeza completa; por tanto, los científicos deben permanecer siempre abiertos a nuevas posibilidades. La *apertura mental* o disposición a incorporar nuevos datos o nuevas ideas, y a cambiar de idea siempre que sea necesario, también pueden considerarse, por tanto, como valores institucionales. Además, el mismo método de la ciencia experimental exige ser aplicado con rigor, pues, en otro caso, no sería eficaz: así, el *rigor* también puede ser considerado como un valor institucional.

Todo esto explica que la ciencia experimental sea considerada ordinariamente como un *conocimiento público*, porque incluye las exigencias de intersubjetividad y de control. Se podría añadir que la existencia de esos valores institucionales en la ciencia experimental es un hecho, aunque, al mismo tiempo, siempre deberíamos recordar que es la consecuencia de la elección deliberada de un método que, siendo extraordinariamente poderoso, por su propia naturaleza se encuentra limitado al estudio de los aspectos del mundo natural que se relacionan

con pautas espacio-temporales y, por tanto, pueden ser sometidos a control experimental.

Los valores institucionales se refieren a la dimensión social de la ciencia. Son las consecuencias sociales o comunitarias de los requisitos inherentes a los objetivos generales de la empresa científica. Incluso en el caso de que un científico trabajara aislado, los métodos utilizados y los resultados obtenidos deberían ser potencialmente intersubjetivos para que pudiesen ser admitidos en el ámbito de la ciencia experimental, y esto implica la existencia de los demás valores institucionales. Los valores institucionales son intrínsecos a la ciencia, y pueden ser considerados como la consecuencia de los valores constitutivos cuando tomamos en cuenta la naturaleza comunitaria de la empresa científica.

Los valores institucionales de la ciencia empírica no son, hablando propiamente, valores éticos. Los científicos pueden buscarlos por razones personales independientes de motivos éticos. Sin embargo, desde un punto de vista objetivo, poseen un carácter ético. Esto puede apreciarse fácilmente si los enumeramos utilizando los siguientes nombres: búsqueda de la verdad, lealtad a la verdad, decir la verdad, honestidad al informar sobre los resultados, integridad, manejar limpiamente la evidencia contraria a las propias ideas, apertura mental, responsabilidad personal, modestia intelectual, tolerancia, libertad de pensamiento e investigación, lealtades comunes. Estos nombres son frecuentes en los estudios sobre la ética institucional de la ciencia, y poseen un sabor inequívocamente ético.

Los valores institucionales de la ciencia poseen una dimensión ética porque se derivan de los objetivos generales de la ciencia, o sea, de la búsqueda de la verdad y de un dominio sobre la naturaleza que pueda servir para mejorar las condiciones de la vida humana. Estos objetivos generales tienen un carácter ético que se transmite a los valores institucionales derivados de ellos. Ningún científico está obligado, por el hecho de serlo, a admitir compromisos éticos como tales; sin embargo, trabajar en la ciencia experimental implica trabajar para lograr esos valores y comportarse de tal modo que esos valores puedan realizarse. En este sentido podemos hablar de una «ética institucional de la ciencia». Los valores institucionales son inherentes a la ciencia experimental como actividad comunitaria.

Bibliografía

1. Tratados

Artigas, M., *Filosofía de la ciencia experimental*, 3.ª ed., EUNSA, Pamplona 1999.

—, *El desafío de la racionalidad*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 1999.

Aubert, J. M., *Filosofía de la naturaleza*, 6.ª ed., Herder, Barcelona 1987 (cap. V: «Un mundo por interrogar, o los niveles de encuentro con la naturaleza).

Blanché, R., *La epistemología*, Oikos-tau, Barcelona 1973.

Sanguineti, J. J., *Lógica*, 4.ª ed., EUNSA, Pamplona 1994 (IV parte: «El conocimiento científico»).

Selvaggi, F., *Filosofía de las ciencias*, Gredos, Madrid 1981.

Simard, E., *Naturaleza y alcance del método científico*, Gredos, Madrid 1961.

2. Monografías

AA. VV., *Revue Internationale de Philosophie*, 46 (1992), nº 182. Dedicado a Pierre Duhem.

Agazzi, E., *Introduzione ai problemi dell'assiomatica*, Vita e Pensiero, Milano 1961.

—, *Temas y problemas de filosofía de la física*, Herder, Barcelona 1978.

—, «The Concept of Empirical Data. Proposals for an Intensional Semantics of Empirical Theories», en: M. Przelecki, K. Szaniawski y R. Wojcicki (eds.), *Formal Methods in the Methodology of Empirical Sciences*, Reidel, Dordrecht 1970, pp. 143-157.

—, «Subjectivity, Objectivity and Ontological Commitment in the Empirical Sciences«, en: R. E. Butts y J. Hintikka (eds.), *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Reidel, Dordrecht-Boston 1977, pp. 159-171.

—, «Eine Deutung der wissenschaftlichen Objectivität», *Allgemeine Zeitschrift für Philosophie*, 3 (1978), pp. 20-47.

—, «Les critères sémantiques pour la constitution de l'objet scientifique», en: AA. VV., *La sémantique dans les sciences*, Office International de Librairie, Bruxelles 1978, pp. 13-29.

—, «Problèmes épistémologiques des sciences humaines», en: AA. VV., *Spécificité des sciences humaines en tant que sciences*, Office International de Librairie, Bruxelles 1979, pp. 39-66.

—, «Commensurability, Incommensurability and Cumulativity in Scientific Knowledge», *Erkenntnis*, 22 (1985), pp. 51-77.

—, «Vérité partielle ou approximation de la vérité?», en: AA.VV., *La nature de la vérité scientifique*, Ciaco, Louvain-la-Neuve 1986, pp. 103-114.

—, «L'objectivité scientifique», en: E. AGAZZI (ed.), *L'objectivité dans les différentes sciences*, Éditions Universitaires, Fribourg 1988, pp. 13-25.

—, «Do Experiments Depend on Theories or Theories on Experiments?», en: D. Batens y J. P. VAN BENDEGEM (eds.), *Theory and Experiment: Recent Insights and New Perspectives on their Relation*, Reidel, Dordrecht 1988, pp. 3-13.

ARECCHI, F. T., «Come la scienza legge il mondo: il rischio della verità e il mito della certezza», en: R. MARTÍNEZ (ed.), *La verità scientifica*, Armando, Roma 1995, pp. 41-52.

ARECCHI, F. T. y ARECCHI, I., *I simboli e la realtà. Temi e metodi della scienza,* Jaca Book, Milano 1990.

ARTIGAS, M., *Las fronteras del evolucionismo*, 6.ª ed., EUNSA, Pamplona 2004.

—, *Ciencia, razón y fe*, 5.ª ed., EUNSA, Pamplona 2004.

—, *El hombre a la luz de la ciencia*, Palabra, Madrid 1992.

—, *Ciencia y fe: nuevas perspectivas*, EUNSA, Pamplona 1992.

—, *Karl Popper: Búsqueda sin término*, 2.ª ed., Editorial Magisterio Español, Madrid 1995.

—, *Lógica y ética en Karl Popper*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 2001; *The Ethical Nature of Karl Popper's Theory of Knowledge*, Peter Lang, Bern-Berlin-Bruxelles-Frankfurt am Main-New York-Wien 1999.

—, *La mente del universo*, 2.ª ed., EUNSA, Pamplona 2000; *The Mind of the Universe*, Templeton Foundation Press, Philadelphia and London 1999.

—, «Pierre Duhem: The philosophical meaning of two historical theses», *Epistemologia*, 10 (1987), número especial: *Les relations mutuelles entre la philosophie des sciences et l'histoire des sciences*, pp. 89-97.

—, «Objectivité et fiabilité dans la science», en: E. AGAZZI, (ed.), *L'objectivité dans les différentes sciences*, Éditions Universitaires, Fribourg 1988, pp. 41-54.

—, «Nicolás Oresme, gran maestre del Colegio de Navarra, y el origen de la ciencia moderna», *Príncipe de Viana* (Suplemento de ciencias), 9 (1989), n.º 9, Suplemento anual 1989, pp. 297-331.

—, «Emergence and Reduction in Morphogenetic Theories», en: E. AGAZZI y A. CORDERO (eds.), *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe*, Kluwer, Dordrecht 1991, pp. 253-262.

—, «E. Mach y P. Duhem: el significado filosófico de la historia de la ciencia», en: S. L. JAKI, C. SÁNCHEZ DEL RÍO, J. A. JANIK, J. A. GONZALO y M. ARTIGAS, *Física y religión en perspectiva*, Rialp, Madrid 1991, pp. 99-119.

—, «Science and Transcendence», en: E. AGAZZI (ed.), *Science et Sagesse*, Éditions Universitaires, Fribourg 1991, pp. 87-101.

—, «Scientific Creativity and Human Singularity», en: C. WASSERMANN, R. KIRBY y B. RORDORFF (eds.), *The Science and Theology of Information*, Labor et Fides, Ginebra 1992, pp. 319-326.

—, «Three Levels of Interaction between Science and Philosophy», en: C. DILWORTH (ed.), *Intelligibility in Science*, Rodopi, Amsterdam 1992, pp. 123-144.

—, «Conocimiento humano, fiabilidad y falibilismo», *Anuario Filosófico*, 25 (1992), pp. 277-294.

—, «Science et foi. Nouvelles perspectives», en: Card. P. POUPARD (ed.), *Après Galilée. Science et foi: nouveau dialogue*, Desclée, Paris 1994, pp. 119-214; «Ciencia y fe: nuevas perspectivas», *Scripta Theologica*, 27 (1995), pp. 269-283.

—, «Supuestos e implicaciones del progreso científico», *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 205-225.

ARTIGAS, M., AGAZZI, E. y RADNITZKY, G., «La fiabilidad de la ciencia», *Investigación y Ciencia*, n.º 122 (nov. 1986), pp. 66-74.

CHALMETA, G. (ed.), *Crisi di senso e pesimismo metafisico*, Armando, Roma 1993.

CROMBIE, A. C., *Historia de la ciencia. De San Agustín a Galileo*, Alianza, Madrid 1980.

DAUJAT, J., *L'oeuvre de l'intelligence en physique*, Alcan, Paris 1946.

DUHEM, P., «Teoría física y experimento» (parte II, cap. 6 de *La théorie physique*), *Teorema*, 14 (1984), pp. 547-582.

—, *La théorie physique*, 2.ª ed. (reimpresión), Vrin, Paris 1989.

—, *Sozein ta phainomena. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, reimpresión, Vrin, Paris 1990.

GRAHAM, L., *Scienza e valori*, Armando, Roma 1988.

HACKING, I., *Representing and Intervining,* Cambridge University Press, Cambridge 1983.

HARRÉ, R., *Teorías y cosas*, Herder, Barcelona 1965.
—, *Introducción a la lógica de las ciencias*, Labor, Barcelona 1967.
—, *The Method of Science*, Wykeham Pub, London 1970.
—, *The Philosophies of Science*, Oxford University Press, Oxford 1972.
—, *Grandes experimentos científicos*, Labor, Barcelona 1986.
—, (ed.). *A History of The Physical Sciences since Antiquity*, St. Martin's Press, New York 1986.
JAKI, S. L., *The Relevance of Physics*, The University of Chicago Press, Chicago 1970.
—, *The Origin of Science and the Science of its Origins*, Scottish Academic Press, Edinburgh 1977.
—, *The Road of Science and the Ways to God*, The University of Chicago Press, Chicago 1985.
—, *Science and Creation*, Scottish Academic Press, Edinburgh 1986
—, *Chance or Reality and other Essays*, University Press of America, Lanham 1986.
—, *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, Martinus Nijhoff, Dordrecht 1987.
—, *Angels, Apes and Men*, Sherwood Sugden, La Salle (Illinois) 1988.
—, *The Absolute beneath the Relative and other Essays*, University Press of America, Lanham 1988.
—, *The Only Chaos and other Essays*, University Press of America, Lanham 1990.
—, *Ciencia, fe, cultura*, Palabra, Madrid 1990.
—, *Catholic Essays*, Christendom Press, Front Royal (Virginia) 1990.
—, *Scientist and Catholic: An Essay on Pierre Duhem*, Christendom Press, Front Royal (Virginia) 1991.
JORDAN, P., *El hombre de ciencia ante el problema religioso*, Guadarrama, Madrid 1972.
LÓPEZ RUIZ, F. J., *Fin de la teoría según Pierre Duhem. Naturaleza y alcance de la física*, Pontificia Università della Santa Croce, Roma 1998.
MARCOS, A., *Pierre Duhem: la filosofía de la ciencia en sus orígenes*, Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona 1988.
MARITAIN, J., *Distinguir para unir o los grados del saber*, Desclée, Buenos Aires 1947.
—, *Ciencia y filosofía*, Taurus, Madrid 1958.
MARTÍNEZ, R. (ed.), *Unità e autonomia del sapere*, Armando, Roma 1994.
—, (ed.). *La verità scientifica*, Armando, Roma 1995.

—, «La questione della verità nella scienza», en: R. MARTÍNEZ (ed.), *La verità scientifica*, Armando, Roma 1995, pp. 7-21.

—, «Congetture, certezze e verità: La natura fallibile della conoscenza scientifica», en: R. MARTÍNEZ (ed.), *La verità scientifica*, Armando, Roma 1995, pp. 73-97.

MCMULLIN, E., «A Case for Scientific Realism», en: J. LEPLIN (ed.), *Scientific Realism* University of California Press, Berkeley 1984, pp. 8-40.

—, «The Goals of Natural Science», en: I. HRONSZKY, M. FEHÉR y B. DAJKA (eds.), *Scientific Knowledge Socialized*, Kluwer, Dordrecht 1988, pp. 27-58.

PÉREZ DE LABORDA, A., *¿Salvar lo real? Materiales para una filosofía de la ciencia*, Encuentro, Madrid 1983.

—, *La ciencia contemporánea y sus implicaciones filosóficas*, Cincel, Madrid 1985.

SANGUINETI, J. J., *La filosofía de la ciencia según Santo Tomás*, EUNSA, Pamplona 1977.

—, *Augusto Comte: Curso de filosofía positiva*, 2.ª ed., Magisterio Español, Madrid 1987.

—, *Ciencia y modernidad*, Lohlé, Buenos Aires 1988.

—, *Ciencia aristotélica y ciencia moderna*, Educa, Buenos Aires 1991.

SELVAGGI, F., *Scienza e metodologia*, Pontificia Università Gregoriana, Roma 1962.

TRIGG, R., «La racionalidad en la ciencia y la teología», *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 253-259.

WALLACE, W. A., *Causality and Scientific Explanation*, University of Michigan Press, Ann Arbor (Michigan) 1976.

—, *From a Realist Point of View. Essays on the Philosophy of Science*, 2.ª ed., University of America Press, Lanham 1983.

ZYCINSKI, J., «L'apertura della scienza alla realtà», en: R. MARTÍNEZ (ed.), *La verità scientifica*, Armando, Roma 1995, pp. 115-125.

—, «Las leyes de la naturaleza y la inmanencia de Dios en el universo en evolución», *Scripta Theologica*, 30 (1998), pp. 261-278.

INICIACIÓN FILOSÓFICA

1. TOMÁS ALVIRA, LUIS CLAVELL, TOMÁS MELENDO: *Metafísica* (8.ª ed.).
2. JUAN JOSÉ SANGUINETI: *Lógica* (7.ª ed.).
4. ALEJANDRO LLANO: *Gnoseología* (6.ª ed./1.ª reimpr.).
5. IÑAKI YARZA: *Historia de la Filosofía Antigua* (5.ª ed.).
6. MARIANO ARTIGAS: *Filosofía de la Naturaleza* (5.ª ed./1.ª reimpr.).
7. TOMÁS MELENDO: *Introducción a la Filosofía* (3.ª ed.).
9. ÁNGEL LUIS GONZÁLEZ: *Teología Natural* (6.ª ed.).
10. ALFREDO CRUZ PRADOS: *Historia de la Filosofía Contemporánea* (2.ª ed./2.ª reimpr.).
11. ÁNGEL RODRÍGUEZ LUÑO: *Ética general* (5.ª ed.).
13. JUAN CRUZ CRUZ: *Filosofía de la historia* (3.ª ed.).
15. GABRIEL CHALMETA: *Ética social. Familia, profesión y ciudadanía* (3.ª ed.).
16. JOSÉ PÉREZ ADÁN: *Sociología. Concepto y usos.*
17. RAFAEL CORAZÓN GONZÁLEZ: *Agnosticismo. Raíces, actitudes y consecuencias.*
18. MARIANO ARTIGAS: *Filosofía de la ciencia* (2.ª ed.).
19. JOSEP-IGNASI SARANYANA: *Breve historia de la Filosofía Medieval.*
20. JOSÉ ÁNGEL GARCÍA CUADRADO: *Antropología filosófica. Una introducción a la Filosofía del Hombre* (4.ª ed.).
21. RAFAEL CORAZÓN GONZÁLEZ: *Filosofía del Conocimiento.*
22. MARIANO ARTIGAS: *Ciencia, razón y fe* (1.ª reimpr.).
23. J. LUIS FERNÁNDEZ Y M.ª JESÚS SOTO: *Historia de la Filosofía Moderna* (2.ª ed.).
24. MARIANO ARTIGAS: *Las fronteras del evolucionismo.*
25. IGNACIO YARZA: *Introducción a la estética.*
26. GLORIA MARÍA TOMÁS: *Cuestiones actuales de Bioética.*
27. ANTONIO MALO PÉ: *Introducción a la psicología.*
28. JOSÉ MORALES: *Filosofía de la Religión.*
29. ALFREDO CRUZ PRADOS: *Filosofía Política.*